

# **TIIVIYSMITTAUS SEKÄ KAKSI- VAIHEINEN LÄMPÖKUVAUS**

Laadunvarmistusmenetelmänä

Juho Paloniitty

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2014  
Rakennustekniikan  
koulutusohjelma  
Talonrakennustekniikka

**TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talonrakennustekniikka

JUHO PALONIITTY

Tiiviysmittaus sekä kaksivaiheinen lämpökuvaus  
Laadunvarmistusmenetelmänä

Opinnäytetyö 149 sivua, joista liitteitä 99 sivua  
Huhtikuu 2014

---

Tiukentuneet vaatimukset rakennuksien energiatehokkuuden ja laadun suhteen tuovat uusia haasteita rakennusten suunnitteluun sekä toteutukseen. Laadun- ja vaatimusten täyttymisen varmistamiseksi on kehitetty menetelmiä, kuten tiiviysmittaus sekä lämpökuvaus.

Energiatehokas rakentaminen on positiivista kehitystä rakennusosalalla. Kehitys tuo kuitenkin uusine muotoineen aina haasteita, joihin tulee varautua jo suunnitteluvaiheessa. Rakentamisen muuttuessa yhä teknisemmäksi, on laadun oltava korkeaa, tekijöiden ammattitaitoisia ja valvonta asianmukaista.

Tässä työssä keskitytään tiiviysmittaukseen ja lämpökuvaukseen osana laadunvarmistusta. Työssä on käsitelty aiheita teoriassa, sekä havainnollistettu tutkimusmuotoja käytännön tutkimuksin.

Tutkimusmuotoja voidaan käyttää tehokkaasti niin uudiskohteiden kuin vanhempien rakennustenkin tutkimiseen. Rakentamisen laadun kehittämiseksi ja ylläpitämiseksi on panostettu enenevässä määrin laadun ulkopuoliseen valvontaan. Pakollinen uudisrakennuksien tiiviysmittaus on tuonut markkinoille lukuisia palveluja tarjoavia pienyrityksiä.

Rakennuksen tiiviyn kehittämisessä voidaan ilman vuotokohdat paikantaa koneellisesti tuotetussa alipaineessa. Työssä käsitellään ennen mainittujen tutkimusmuotojen lisäksi rakennusfysikaalisia oloja, kuten painesuhteita ja tiiviyn vaikutuksia lämpöviihtyvyyteen sekä energiankulutukseen. Samalla kun rakennuksista tehdään yhä tiiviimpiä, tulee huomiota kiinnittää myös enenevässä määrin ilmanvaihdon suunnitteluun ja tasapainottamiseen.

Laadukas suunnittelu yhdessä huolellisen toteutuksen sekä asianmukaisen valvonnan kanssa takaavat energiatehokkaan ja terveen rakennuksen.

---

Asiasanat: tiiviysmittaus, lämpökuvaus, ilmapuotojen paikannus

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Construction Engineering Programme  
Structural Engineering and Building Physics

**JUHO PALONIITTY**

Air Tightness Test and Two-phase Thermographic Survey  
Quality assurance method

Bachelor's thesis 149 pages, appendices 99 pages  
April 2014

---

Stricter requirements for the energy efficiency and quality for buildings bring new challenges to construction planning and implementation. To ensure the fulfillment of quality and requirements, methods such as thermographic survey and air tightness test have been developed.

Energy efficient construction is a positive development in the building trade. However, progress does always bring challenges through its new ways that have to be acknowledged in the planning phase. As building becomes more technical, quality has to be high, professional skill is paramount and supervision must be appropriate.

This thesis focuses on the air tightness test and the thermographic surveys as a part of quality assurance. In the thesis, the topics are discussed in theory and are illustrated through practical tests.

The tests can be used efficiently in studying new target as well as older targets. The external supervision is increasing to ensure the development and maintenance of construction quality. A mandatory air tightness test for new buildings has brought numerous small companies that offer the service to the market.

In the development of building's air tightness, the uncontrolled ventilation spots can be found by mechanically producing an underpressure. The thesis discusses, in addition to the aforementioned test methods, structural physical conditions, such as pressure ratio and pressure's relation to temperature and energy consumption. As buildings are made increasingly tighter, the planning and balancing of controlled ventilation needs more attention.

High-quality planning, careful implementation and appropriate supervision all ensure a energy efficient and healthy building.

---

Key words: air tightness test, thermographic survey, spotting uncontrolled ventilation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄMPÖKUVAUS .....	7
2.1	Lämpökuvaus.....	7
2.1.1	Lämpökuvaajan vaatimukset.....	8
2.1.2	Lämpökuvaus rakentamisessa.....	9
2.1.3	Lämpötilaindeksi.....	12
2.1.4	Raportoitavat poikkeamat ja terveellinen sisäilma .....	13
2.1.5	Korjausluokitus .....	15
2.2	Lämpökamerat .....	18
2.2.1	Lämpökameran vaatimukset .....	18
3	TIIVIYSMITTAUS.....	20
3.1	Rakennuksen ilmatiivyyden mittaus.....	20
3.1.1	Tiivysmittausmenetelmät.....	21
3.2	Tiivyyden ja tiivysmittauksen merkitys .....	23
3.2.1	Tiivyyden vaikutus energiankulutukseen.....	25
3.2.2	Ilmavuotojen paikantaminen ja korjaus .....	27
3.3	Asuinrakennusten ilmanpitävyys .....	28
3.3.1	Rakennuksen paine-erot.....	29
4	Ilmatiiviiden rakenteiden toteutus .....	31
4.1	Ilmansulun sijainti ja jatkokset rakenteessa.....	31
4.2	Yläpohjarakenteiden tiivistys .....	34
4.3	Alapohjat.....	35
4.3.1	Maanvastaiset alapohjat .....	35
4.3.2	Tuulettuvat alapohjat.....	37
	KAKSIVAIHEINEN LÄMPÖKUVAUS.....	40
4.4	Kaksivaiheinen lämpökuvaus osana laadunvarmistusta.....	40
4.5	Esimerkkikohteet .....	41
4.5.1	Lämpökuvaus .....	42
4.6	Tiivysmittaus .....	44
4.6.1	Tiivysmittauksen tulokset .....	45
4.7	Ilmavuotojen paikannus .....	45
5	POHDINTA.....	49
	LÄHTEET.....	50

**ERITYISSANASTO**

Oleskeluvyöhyke	Huoneen osa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivut ovat 0,6 metrin etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista.
Suhteellinen kosteus	Suhteellinen kosteus, RH % on tietyssä lämpötilassa olevan ilman sisältämän absoluuttisen (todellisen) kosteuden ja kylästyskosteuden välinen suhde.
Absoluuttinen kosteus	Absoluuttinen kosteus ilmoittaa veden tai vesihöyryn määrän tietyssä tilavuudessa tai massayksikössä toista ainetta ( $g/m^3$ ). Se kuvaa nimensä mukaisesti ilman absoluuttista vesisisältöä.
Kastepiste	Kastepiste on lämpötila, missä ilman suhteellinen kosteus nousee 100 %:iin, jolloin ilma ei kykene sitomaan enempää vesihöyryä. Tämän seurauksena vesihöyry kondensoituu vedeksi.
Emissiivisyys	Kuvaa pinnan kykyä lähettää lämpösäteilyä. Emissiivisyys kuvaa, kuinka paljon kappaleen lähettämästä energiasta on pinnasta lähtevää, omaa energiaa. Materiaalin pinnan emissiivisyys ilmoitetaan emissiokeroimella, joka on 0-1.
Lämpötilaindeksi	Laskennallinen luku, minkä avulla arvioidaan rakenteiden toimivuutta. Lämpötilaindeksi määritetään ulkoilman, sisäilman sekä mitattavan pisteen lämpötilan avulla.
Ilmanvuotoluku	Kuvaa rakennuksen ilmanpitävyyttä. Ilmanvuotoluku mitataan 50 Pascalin paine-erossa ulkoilmaan nähden. Ilmanvuotoluku $q_{50}$ lasketaan rakennuksen kokonaisvuotoilman 50 Pascalin paine-erossa, jaettuna vaipan alalla.

## 1 JOHDANTO

Energiamääräysten tiukentuessa rakennuksista tehdään energiatehokkaampia kokonaisuuksia. Energiatehokas rakentaminen tuo tiukkoine vaatimuksineen haasteita rakenteiden suunnitteluun sekä rakentamiseen. Rakennukset on suunniteltava toimivaksi kokonaisuudeksi. Laatuun vaikuttaa asianmukaisten suunnitelmien lisäksi ammattiosaaminen rakentamisvaiheessa sekä laadunvalvonta.

Haasteena rakennusalalle on tullut määräysten tiukentuessa rakenteiden rakennusfysiikkaalinen toiminta, etenkin pitkällä aikavälillä. Tutkimus- ja seurantatuloksia ei ole passiivi- ja matalaenergiataloista vielä monelta vuosikymmeneltä. Siirryttäessä tiiviisiin ja hyvin lämpöä eristäviin rakenteisiin, on tärkeään rooliin tullut rakentamisen laatu ja sen valvonta. Oleellinen laatukriteeri on ulkovaipan tiiviys sekä tasainen lämmöneristävyys.

Työssä keskitytään rakentamisen laadunvarmistuksen kannalta olennaisiin työkaluihin, tiiviysmittaukseen ja lämpökuvaukseen. Työssä käsitellään lämpökuvausta ja tiiviysmittausta teoriassa, jonka jälkeen lämpökuvataan kaksi kerrostalokohdetta kaksivaiheisesti, joista tehdään asianmukaiset raportit. Työn tavoite on saattaa kokonaisvaltainen kuva tiiviysmittausten ja lämpökuvausten tekemisestä asuinrakennuksista, sekä paine-eron vaikutuksesta rakenteiden ilmapuotokehtiin. Työssä käsitellään lyhyesti periaatteet tiiviiden rakenteiden rakentamisesta. Teen työn itselleni ja tarkoituksena on syventää jo hankittua osaamistani.

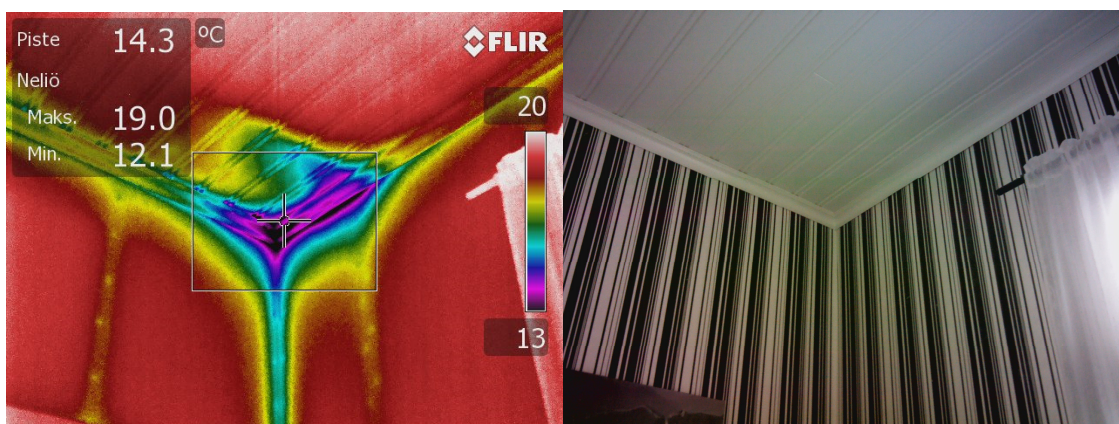
## 2 LÄMPÖKUVAUS

### 2.1 Lämpökuvaus

Lämpökuvaus on ainetta rikkomaton menetelmä, jolla voidaan tutkia rakennuksen lämpöteknistä toimivuutta. Lämpökuvauksella voidaan arvioida myös rakennusaineiden kuntoa ja laatua. Sillä voidaan havaita rakennuksen vaipasta löytyviä eristyspuutteita, kylmäsiltoja tai ilmavuotoja. Lisäksi erilaisia kosteusongelmia, kuten rakenteissa olevia vuotoja voidaan tietyin edellytyksin löytää ja paikantaa.

Lämpökuvausta on Suomessa käytetty 1970–80 luvun vaihteesta lähtien rakennusten tutkimisessa. Etenkin suuret rakennusliikkeet käyttävät lämpökuvausta laadun mittarina ennen rakennuksen luovutusta ja takuukorjauksia. Lämpökuvaus on edullinen, nopea ja osaavissa käsissä erittäin luotettava tapa tutkia rakennetta. [Paloniitty & Kauppinen, 2006, 15]

Lämpökuvauksessa kuvattava rakennus kierretään järjestyksessä ja kameralla tutkitaan kaikki alueet ja kohdat, missä vuotoja tai poikkeamia voidaan olettaa olevan. Havaituista poikkeamista (kuva 1) otetaan kuva myöhempää raportointia varten. Lämpökuvan yhteyteen liitetään tavallinen kuva, jotta kohteesta saadaan selvyys ja se voidaan paikantaa.



KUVA 1. Ilmavuoto yläpohjaliitoksessa sekä tavallinen valokuva

Lämpökuvassa kuvattu kohde esitetään lämpötilajakaumana, ja on havainnollistettu värein. Väreinä on yleensä käytetty värispektriä, jossa värit kuvaavat pinnan lämpötilaa.

Lämpötilajakauma näkyy lämpökuvan reunassa. Nykyaikaiset lämpökamerat skaalaavat kuvattaessa lämpötilajakauman automaattisesti. Automaattinen skaalaus havainnollistaa tilanteen, mutta kuvan tulkitseminen vaatii ammattitaitoa. Kuvassa määräävä tekijä on alueen tai pisteen todellinen lämpötila, eikä se miten kuva on skaalautunut. Kameran lämpötila-asteikko voidaan myös lukita tiettyyn skaalaan. Lukittu skaalaus toimii hyvin niin kauan kuin kuvattavien pintojen lämpötilat asettuvat asetetun skaalan sisäpuolelle.

### **2.1.1 Lämpökuvaajan vaatimukset**

Onnistuneen lämpökuvauksen edellytyksenä on kokenut ja ammattitaitoinen kuvaaja. Hänen pitää arvioida rakennusta kokonaisuutena ja ymmärtää sen lämpötekninen toiminta ja ympäristön, sekä olosuhteiden vaikutus. Tulokset eivät aina ole yksiselitteisiä eikä niitä aina voida arvioida normein. Tällöin vastuu lämpökuvauksesta ja tulosten tulkinnasta jää kuvaajalle.

Lämpökuvaajalta ei edellytetä erityistä pätevyyttä. Osoituksena edellytyksestä onnistuneeseen lämpökuvaukseen, voi kuvaaja suorittaa rakennuksen lämpökuvaaja – sertifikaatin. Sertifikaatti on VTT:n myöntämä osoitus lämpökuvaajan pätevyydestä. Pätevöityminen edellyttää kaksiosaisen kurssin, mikä sisältää rakennusfysiikka-osion ja rakennuksen lämpökuvaaja-osion. Kummatkin osiot ovat kestoltaan kolme päivää ja sisältävät kokeen. Sertifikaatin saaminen edellyttää lisäksi näyttötyön hyväksyttyä suorittamista. Rakennuksen lämpökuvaaja –sertifikaatin omaavat henkilöt ovat listattuna VTT:n sivuilla, osoitteesta:

[http://www.vttexpertservices.fi/files/services/exp/personal\\_certification/hlosertif\\_lampokuvaajat.pdf](http://www.vttexpertservices.fi/files/services/exp/personal_certification/hlosertif_lampokuvaajat.pdf)

Kuvauksen tulkinta ja oikea lopputulos edellyttää kuvaajalta sekä tulkitsijalta vankkaa kokemusta rakennusfysiikasta, kameran toiminnasta sekä sen sovellutusohjelmien tuntemisesta. Tulosten tulkinta perustuu ympäristöministeriön rakennusmääräyskokoelman osiin C3(2010), C4(2003), D2(2010), D3(2010), jotka antavat vaatimukset rakenteille sekä niiden toiminnalle. Tulkinnan perusteena käytetään myös RT -korttia 05-10235, sekä sosiaali- ja terveysministeriön *Asumisterveysohjetta*, joissa määritellään tilojen lämpöolot sekä pintalämpötilojen ohjeelliset arvot. [Paloniitty & Kauppinen, 2006]



## 2.1.2 Lämpökuvaus rakentamisessa

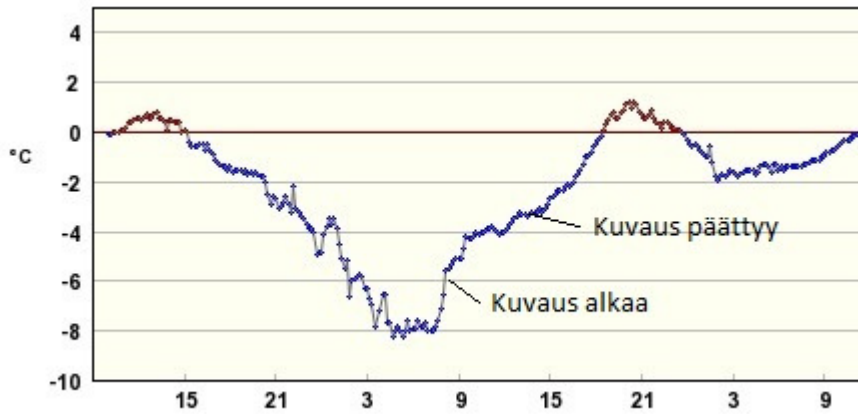
Ennen rakennuksen kuvaamista on perehdyttävä kohteeseen huolella, jotta tulkinta ja johtopäätökset voidaan tehdä jo kuvauspaikalla. Rakennuksesta tulee olla käytettävissä pohjapiirustukset, oleelliset rakenneleikkaukset sekä selvitettävä lämmitys- ja ilmanvaihtomuoto asian käsittelyn vaatimalla tarkkuudella. Oleellinen lähtötieto on rakennuksen runkotyyppi: puu, teräs, betoni vai edellisten yhdistelmä. Lisäksi on tärkeä selvittää onko alapohja maanvarainen vai tuuletettu. Myös yläpohjan rakenne ja tuuletus on selvitettävä. Mikäli pohja- ja leikkauspiirustuksia ei ole saatavilla, on rakenteet pyrittävä selvittämään muilla keinoin. Joidenkin vanhojen rakenteiden rakennetiedot voidaan joutua olettamaan kyseisen rakennusajan yleisen rakennustavan perusteella.

Ennen kuvausta on selvitettävä olosuhdetiedot 12 -24 tuntia mittausajankohtaa edeltävältä ajanjaksolta. Ulkoilman lämpötila ei saa muuttua yli 10 °C:ta ennen kuvauksen ajankohtaa. Raskaissa rakenteissa, kuten betoniseinässä lämpötilan tarkasteluväli on 24 tuntia ja kevyissä, kuten puurunkoisessa 12 tuntia. Tämä johtuu siitä, että raskas rakenne sitoo itseensä enemmän lämpöä ja vastaavasti lämpötila tasoittuu hitaammin kuin kevyessä rakenteessa. Kuvausta edeltävät lämpötilatiedot voidaan selvittää ja tulostaa kuvattavan kohteen lähimmältä sääasemalta. [Paloniitty & Kauppinen, 2006, 50]

Kuvauksen suorittajan on selvitettävä ulkoilman lämpötila, tuulen voimakkuus ja aurinгон aiheuttama lämpösäteily (=pilvisuus) ennen kuvausta ja heti sen jälkeen. Ulkolämpötilaa tulee seurata kuvauksen edistyessä, jotta kameran lämpötilaparametrit pysyvät ajan tasalla. Lisäksi tilojen lämpötilat ja paine-erot ulkoilmaan nähden on mitattava jokaisesta lämpötekniisesti erilaisesta tilasta. Alla on esitetty Ilmatieteenlaitoksen www-sivuilta tulostetut esimerkkikuvat olosuhdetiedoista (Kuva 2) ja kuvauksen aikaisesta lämpötilakuvaajasta (Kuva 3).

<b>Lämpötila</b>	-1,9 °C	<b>Kosteus</b>	88 %
<b>Kastepiste</b>	-3,6 °C	<b>Pohjoistuulta</b>	3 m/s
<b>Puuska</b>	3 m/s	<b>Paine</b>	978,1 hPa
<b>Pilvistä</b>	(8/8)	<b>Näkyvyys</b>	9 km

KUVA 2. Esimerkki sääolotietojen tulosteesta (www.FMI.fi)



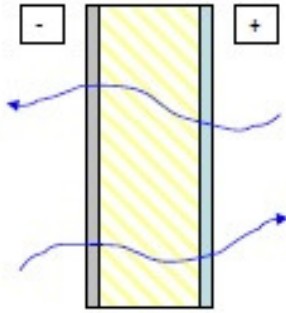
KUVA 3. Kuvitteellisen kuvausajankohdan lämpötilakäyrä

Lämpökameralla voidaan havaita puutteet eristyksessä, ilmavuodot, kylmäsillat ja kosteusvauriot. Kuvaajan tulee ymmärtää kameran toiminta sekä kuvaan vaikuttavat tekijät. Lämpökamera ei erota esimerkiksi heijastusta ja kohteen lämpötilaa, mikäli kuvattavan kohteen emissiivisyys on pieni. Tämän voi todentaa esimerkiksi maalaamalla kirkkaan alumiinisangon toisen puolen mattamustaksi ja kuvaamalla sankoa. Maalaamaton puoli heijastaa lämpötilasäteilyn peilin tavoin ympäröivästä tilasta, kun taas mustaksi maalattu puoli näyttää sangon todellisen lämpötilan.

Myös ikkunoita ja muita kirkkaita, eli matalaemissiivisiä pintoja kuvattaessa tulee huomioida heijastuva taustasäteily. Sisätiloissa kuvattaessa heijastunut taustasäteily on huoneen lämpötila, kun taas ulkona kuvattaessa, pilvettömällä säällä taustasäteilyksi tulee asettaa avaruuden taustasäteily, joka on -60 astetta celsiusta.

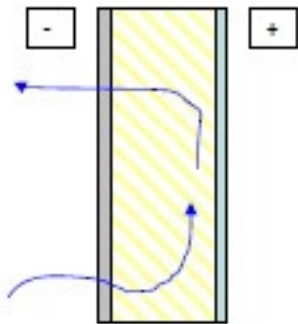
Kuvaajan tulee havaita rakenteessa olevat merkittävät kylmäsillat. Kylmäsilta on rakennusosassa oleva, viereisiin aineisiin verrattuna hyvin lämpöä johtavasta aineesta tehty rakenneosaa. Paremman lämmönjohtavuuden seurauksena kylmäsillan kohdalla lämpövirta on suurempi ympärillä oleviin rakenteisiin verrattuna. Tämän seurauksena rakenteen sisäpinta on viileämpi kylmäsillan kohdalta. Kylmäsillasta voi olla esimerkiksi eristämätön alaohjauspuu tai runkotolppa, tai jokin metallista valmistettu rakenneosaa, ilman välissä olevaa eristekerrosta.

Kuvaajan tulee myös havaita merkittävät ilmavuodot ja tunnistaa ne kuvasta. Ilmavuodossa ilma pääsee siirtymään rakenteessa konvektiolla, eli virtaamalla. Konvektio voi tapahtua rakenteen läpi, esimerkiksi ilmansulun epätiiviydestä asentamisesta tai repeämästä (Kuva 4).



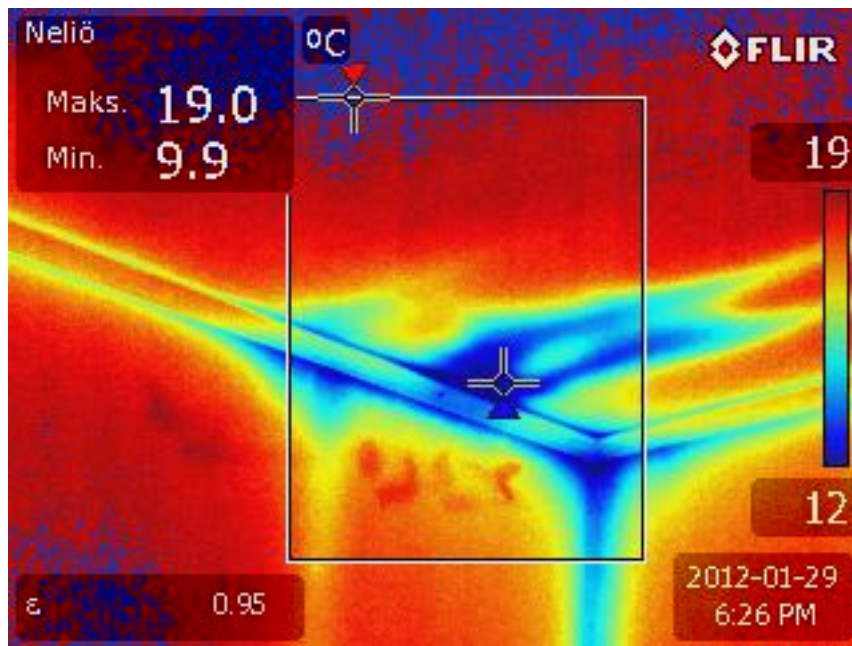
KUVA 4. Rakenteen läpi tapahtuva konvektio [Rakennusfysiikka pähkinäkuressa.pdf]

Konvektio voi tapahtua myös tuulensuojan läpi, joka aiheuttaa ilmavuodon rakenteen sisällä (Kuva 5). Tämä aiheutuu liian harvasta tai virheellisesti asennetusta tuulensuoja-kerroksesta. Seurauksena vuotava ilmavirta pääsee kulkeutumaan rakenteen sisällä jopa useita metrejä.



KUVA 5. Tuulensuojan läpi tapahtuva konvektio [Rakennusfysiikka pähkinäkuressa.pdf]

Rakenteen sisällä tapahtuvat ilmavuodot ovat usein hankalampia paikantaa. Rakenteen sisäinen ilmavuoto voi olla havaittavissa pinnan viileämpänä kohtana (Kuva 6).



KUVA 6 Rakenteen sisäinen ilmavuoto

Kuvaajan tulee havaita myös kastuneet rakenteet. Rakenteessa oleva kosteus laskee hieman pinnan lämpötilaa, jolloin se erottuu ympäröivästä alueestaan. Rakenteessa havaittu kosteus on aina raportoitava poikkeuksesta.

### 2.1.3 Lämpötilaindeksi

Asumisterveysohjeessa vian tai puutteen vakavuuden arvioinnissa käytetään lämpötilaindeksiä, joka on laskennallinen luku ja antaa peruskäsityksen viasta.

Tulkinnan helpottamiseksi ja yhdenmukaistamiseksi on rakenteille määritelty lämpöindeksivaatimukset. Vaatimukset on määritelty erikseen pistemäiselle, ja alueen keskilämpötilaindeksille. Lämpöindeksi TI, kuvaa rakenteen lämpöteknistä toimivuutta. Laskennassa huomioidaan ulkolämpötila, sisälämpötila ja mitattavan pinnan lämpötila, joiden suhteesta saadaan pinnan lämpötilaindeksi (kaava 1).

#### KAAVA 1. Lämpötilaindeksi

$$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) \times 100 [\%]$$

jossa,

TI =           lämpötilaindeksi

$T_{sp}$  =       sisäilman lämpötila, °C

$T_i$  =       sisäpinnan lämpötila, °C

$T_o$  =       ulkoilman lämpötila, °C

[Paloniitty & Kauppinen, 2006, 46]

Lämpöindeksiä käytetään normaalissa rakennukseen sisäpuolelta tehtävässä kuvauksessa. Poikkeamista, missä lämpötilaindeksi on alle 70 %, tehdään johtopäätöksinä korjausluokitusarvio, mikäli siitä on tilaajaosapuolen kanssa toimeksiannon yhteydessä sovittu. Lämpöindeksin käyttö edellyttää, että rakennus on ns. normaalikäyttötilanteessa. Tämä tarkoittaa että rakennuksessa tulee olla käyttötilanteeseen suunniteltu paine-ero ja ilmanvaihdon tulee toimia suunnitellusti. Mikäli paine-ero rakennuksen vaipan yli on enemmän kuin -15 Pascalia, rakennus ei ole enää normaalissa käyttötilassa ja lämpöindeksiä ei voida käyttää. Tällöin ilmanvaihto tulee tasapainottaa niin että rakennuksen paine-ero pysyy välillä -2 ja -10 Pa.

#### 2.1.4 Raportoitavat poikkeamat ja terveellinen sisäilma

Kuvauksessa havaittavat selkeät poikkeamat on aina raportoitava, mikäli ne vaikuttavat rakennuksen lämpöviihtyvyyteen, pitkäaikaiskestävyyteen, vaurioitumiseen tai toimivuuteen. Raportoitavia poikkeamia ovat esimerkiksi

- Eristevirheet, kuten eristeen puuttuminen, vuodot ilmansulussa ja suuret pinta-lämpötilan poikkeamat
- ilmapuodot sisätiloista rakenteisiin
- sisäilmaan tulevat vuodot, joista epäillään kulkeutuvan epäpuhtauksia, kuten mikrobeja ja radonia
- laajat kylmät sisäpinnat, joista epäillään syntyvän vetoa
- epäilyt kosteusvaurioista
- muut talotekniikan viat ja puutteet. [Paloniitty & Kauppinen, 2006]

Lämpökuvaaja arvioi tilan ilmanvaihdon toimivuutta ja ilmanlaatua mittareiden lisäksi myös aistinvaraisesti. Lämpökuvauksessa selvittävät parametrit ovat sisä- ja ulkoilman lämpötila, niiden suhteelliset kosteudet, ja tuuli- sekä paineolot. Mikäli tilan suhteellinen kosteus on liian suuri, tulee kosteudesta johtuvat riskit kartoittaa ja varmistaa ettei hometta pääse muodostumaan. Home kasvaa melko vaatimattomissa olosuhteissa. Muodostuakseen se vaatii vain riittävästi lämpötilaa, kosteutta sekä orgaanisen kasvu-alustan. Homeen muodostumisen riski puurakenteessa voidaan määrittää, kun tiedetään ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila. Alla on esitetty kolme esimerkkiä kosteuden vaikutuksesta puun homehtumiseen 20 Celsiusasteen lämpötilassa. Ensimmäisessä esimerkissä homeriskiä ei ole, toisessa homeriski on ja kolmannessa riski on suuri (Kuva 3 a,b,c).

TAULUKKO 1 a, b ja c. Havainnelaskelmat homeen muodostumiselle puurakenteessa. [Hämeen ammattikorkeakoulu, rakennuslaboratorio]

Esimerkki 1: Homehtumisriski olematon		
Lämpötila C	Suhteellinen kosteus RH %	Montako viikkoa menee kuin home alkaa kasvamaan? vk
20	40	176587

Esimerkki 2: Homehtumisriski vähäinen		
Lämpötila C	Suhteellinen kosteus RH %	Montako viikkoa menee kuin home alkaa kasvamaan? vk
20	70	113

Esimerkki 3: Homehtumisriski huomattava		
Lämpötila C	Suhteellinen kosteus RH %	Montako viikkoa menee kuin home alkaa kasvamaan? vk
20	80	19

Mikäli ilma on aistittavissa tunkkaiseksi tai paksuksi, tulee se kirjata ylös ja raportoida tilaajalle. Huonoon sisäilmaan voi olla syynä liian vähäinen ilmanvaihto tai vaihtokuntoiset ilmansuodattimet. Myös ilmankosteus tulee mitata jokaisesta kuvattavasta tilasta, sillä ilmankosteus vaikuttaa oleellisesti rakenteiden terveellisyyteen sekä asumisviihtyvyyteen. Kosteutta ei saa olla liikaa, muun muassa homeriskin takia, ja toisaalta taas

liian kuiva ilma aiheuttaa hengitysteiden ja limakalvojen kuivumista. Sisäilman suhteellisen kosteuden olisi hyvä olla 25–45 prosentin välillä. [<http://www.enervent.fi/>]

Rakennuksen alapohjan tulee olla tiivis, jotta terveydelle haitallista radon-kaasua ei pääse kulkeutumaan sisäilmaan. Mikäli ilmavuotoja havaitaan, on vuodot tärkeä raportoida. Alapohjavuotojen seurauksena olisi hyvä tutkia huoneilman radonpitoisuus, jotta tiedetään ryhtyä toimenpiteisiin.

### **2.1.5 Korjausluokitus**

Rakennuksissa ilmenee runsaasti paikallisia lämpötilapoikkeamia. Yleensä poikkeamat sijaitsevat rakennuksen nurkissa, liittymäkohdissa tai läpivienneissä. Myös rakenteen sisällä oleva kylmäsilta aiheuttaa yleensä poikkeaman.

Tulosten tulkinnan helpottamiseksi on kehitetty korjausluokitus, joka jaetaan neljään luokkaan. Korjausluokat määräytyvät laskennallisen lämpötilaindeksin perusteella. Lämpötilaindeksiä käytetään silloin, kun kyseessä on normaali, sisäpuolelta tehtävä lämpökuvaus. Poikkeamista, joiden lämpötilaindeksi on alle 70%, tehdään johtopäätöksinä korjausluokitusarvio.

Korjausluokituksen arvioinnissa on otettava huomioon tilan käyttötarkoitus, poikkeaman laajuus sekä sen sijainti rakenteessa. ”*Korjausluokitukseen vaikuttavat oleellisesti tilan käyttötarkoitus ja rakennuksen rakentamiseen ja käyttöön liittyvät sopimusperäiset kriteerit, kuten esimerkiksi sisäilmaluokituksen mukaiset vaatimukset.*” [Paloniitty & Kauppinen 2006, 64]

Asuin- ja oleskelutiloihin sovellettavat korjausluokitukset:

1. Korjattava

- Pinnan lämpötila ei täytä sosiaali- ja terveysministeriön laatiman *Asumisterveysohjeen* välttävää tasoa (esimerkiksi ilmavuoto, eristevika). Heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa (esimerkiksi kosteusvaurio).
- $TI < 61 \%$

2. Korjaustarve selvitettävä

- Korjaustarve on erikseen harkittava. Täyttää *Asumisterveysohjeen* välttävän tason, mutta ei täytä hyvää tasoa
- $TI 61\text{--}65 \%$

3. Lisätutkimuksia

- Täyttää asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta piilee tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen kosteus ja lämpöteknisen toiminnan riski. On tarkasteltava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä muita lisätutkimuksia, kuten esimerkiksi kosteusmittaus tai tiiviysmittaus
- $TI > 65 \%$

4. Hyvä

- Täyttää hyvän tason vaatimukset. Ei korjaustoimenpiteitä.
- $TI > 70 \%$

*Asumisterveysohjeessa* on määritelty rakennuksille hyvän tason ja tyydyttävän tason raja-arvot. Asumisterveysohje rajoittuu kuitenkin niin sanotulle oleskeluvyöhykkeelle, jossa on jätetty pois nurkka- ja reuna-alueet sekä aukotukset. Näin ollen esimerkiksi ikkunarakenteisiin ja sen tiivisteisiin sitä ei voida soveltaa. Oleskeluvyöhykkeen ulkopuolella olevat alueet, kuten nurkat sekä ikkunan ja rakenteen liitokset voidaan tulkita *Asumisterveysohjeen* pistemäistä matalinta lämpötilaa hyväksi käyttäen. Tällöin lämpötilaindeksin arvona voidaan käyttää  $61 \%$  tai  $65 \%$ .



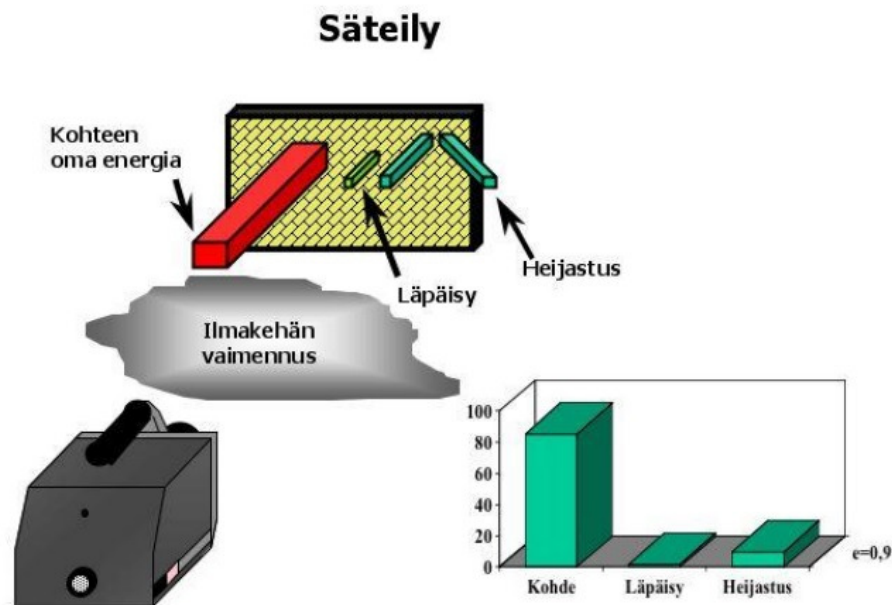
Alla olevassa taulukossa (1) on esitetty käytettävät lämpötilaindeksin raja-arvot seinälle, lattialle sekä pistemäiselle lämpötilalle. Taulukko antaa raja-arvot, joita tulisi noudattaa kuvauksessa sekä raportoitavien poikkeamien havainnoinnissa. Tulosten tulkinta ja korjaustarve määräytyvät ensi sijassa tilan käyttötarkoituksen ja rakennuksen toiminnallisista olosuhteista. Yleisesti hyväksytty ratkaisu, kuten esimerkiksi nurkkaikkuna, yksinkertainen parvekeovi tai tiivistevuoto voi johtaa siihen, että vaadittu taso ei täyty. Näin ollen kyseinen kohta tulee tarkastella yksittäin. Mikäli se ei aiheuta rakenteellista tai asumisterveydellistä riskiä, voidaan vaatimusta hieman lieventää.

TAULUKKO 1. Asumisterveysohjeen antamat indeksin raja-arvot

<b>Määritelmä</b> Sovelletaan	<b>Alittaa vaaditun tason</b>	<b>Välttävä taso</b> Korjausrakentaminen	<b>Hyvä taso</b> Uudisrakentaminen
Indeksi seinän lämpötilalle	0 ...	81 ... 85	85 ... 100
Indeksi lattian lämpötilalle	0 ...	87 ... 97	97 ... 100
Indeksi pistemäisille vioille	0 ...	61 ... 65	65 ... 100
<b>Korjausluokka</b>	<b>1</b>	<b>2 tai 3</b>	<b>3 tai 4</b>

## 2.2 Lämpökamerat

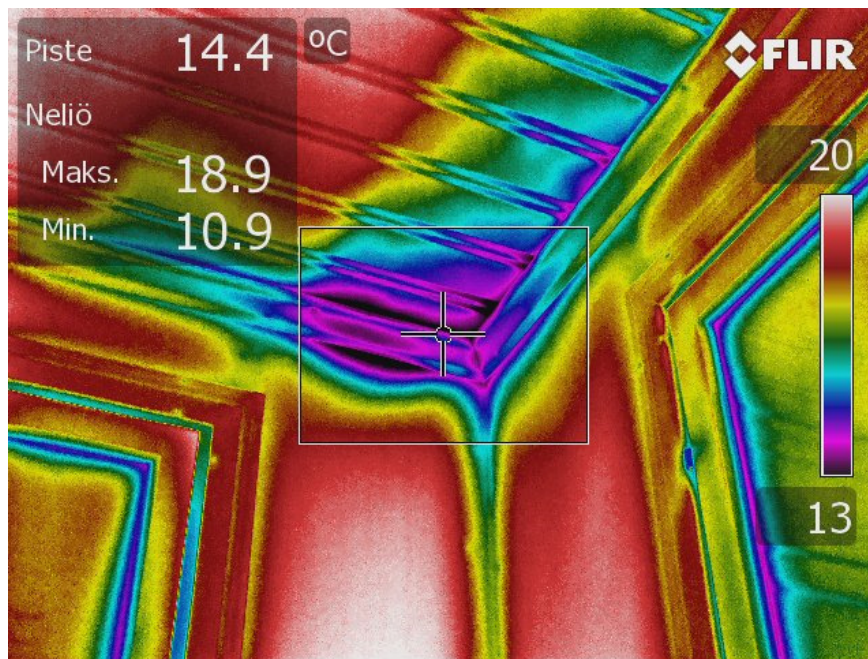
Lämpökamera on lämpösäteilyn vastaanotin, joka mittaa aineesta luonnollisesti lähtevää lämpö- eli infrapunasäteilyä (ks. kuva 7). Jokainen pinta lähettää eli emittoi lämpösäteilyä. Säteilyn voimakkuuteen vaikuttaa pinnan lämpötila ja sen emissiivisyys, eli kyky lähettää infrapunaenergiaa. Kamerassa oleva ilmaisin muuttaa kuvattavan kohteen lämpötilasäteilyvoimakkuuden lämpötilatiedoksi, josta muodostetaan kameran näytölle reaaliaikainen, digitaalinen kuva.



KUVA 7. Kohteen emittoima lämpötilasäteily (Paloniitty & Kauppinen, 2006)

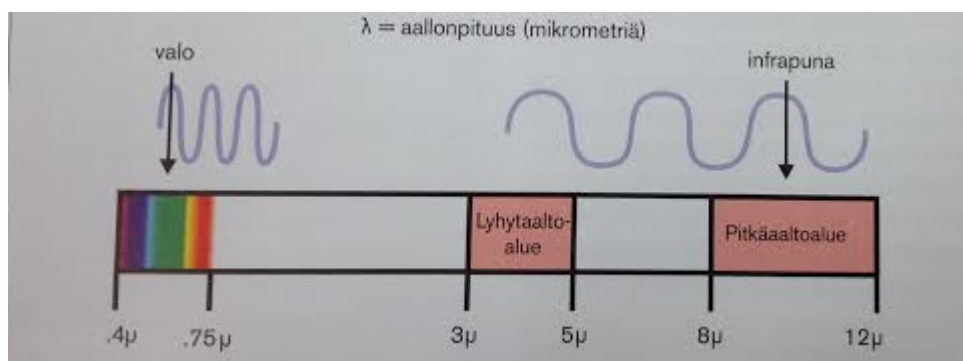
### 2.2.1 Lämpökameran vaatimukset

Tutkimuksissa käytettävän lämpökameran tulee olla mittaava, tasapainotettu ja kuvantava mittalaite. Tämä tarkoittaa sitä, että kamera muodostaa kohteesta kuvan, ja esittää sen pintalämpötilajakauman (Kuva 8). Kameran rungon, sekä ulkoisten olosuhteiden aiheuttamat lämpötilavaihtelut eivät saa vaikuttaa kuvaan. Lisäksi kameralla täytyy pystyä mittaamaan suoraan pintalämpötiloja. Kameran tulee olla kalibroitu vähintään kahden vuoden välein, ja kalibrointitodistus on esitettävä asiakkaan pyytäessä. Mittalaitteessa tulee olla myös kuvien tallennusmahdollisuus, jotta kuvia voidaan tulkita ja raportoida jälkikäteen.



KUVA 8. Lämpökuvaa

Kiinteistökuvauksessa lämpökameraksi suositellaan pitkäaaltokameroita, jotka toimivat pitkällä infrapuna-aalloilla, 8...12  $\mu\text{m}$ , (Kuva 9). Pitkäaaltokamera kykenee muodostamaan kuvan myös alhaisissa lämpötiloissa, mikäli kuvataan talvisäässä rakennuksen ulkopuolelta ja kohteen lähettämä lämpösäteily on alhainen. Lyhytaaltokameroilla 3...5 $\mu\text{m}$  voidaan myös kuvata, mutta emissiivisyys vaihtelee lyhytaaltovälillä huomattavasti enemmän ja säteilyenergian erot ovat myös huomattavat.



KUVA 9. Lämpökameran infrapuna-aaltokuvaaja [Paloniitty & Kauppinen 2006]

### 3 TIIVIYSMITTAUS

#### 3.1 Rakennuksen ilmatiiviyden mittaus

Rakennuksen tiiviysmittauksessa todennetaan rakennuksen tiiviys eli ilmanpitävyys. Tiiviysmittaus suoritetaan yleensä erillisellä, siihen tarkoitettulla laitteistolla. Tiiviysmittaus voidaan myös suorittaa rakennuksen omilla ilmanvaihtokoneilla. Tiiviys on olennainen osa rakennusta, sillä on esimerkiksi merkittävä vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen. Lisäksi rakennusmääräysten tiukennuttua tiiviydellä on myös tärkeä vaikutus rakennuksen fysikaaliseen toimintaan. Mittauksin voidaan myös tehokkaasti valvoa rakentamisen laatua ja todentaa virheitä ulkokuoren ja läpiviennin tiivistyksissä.

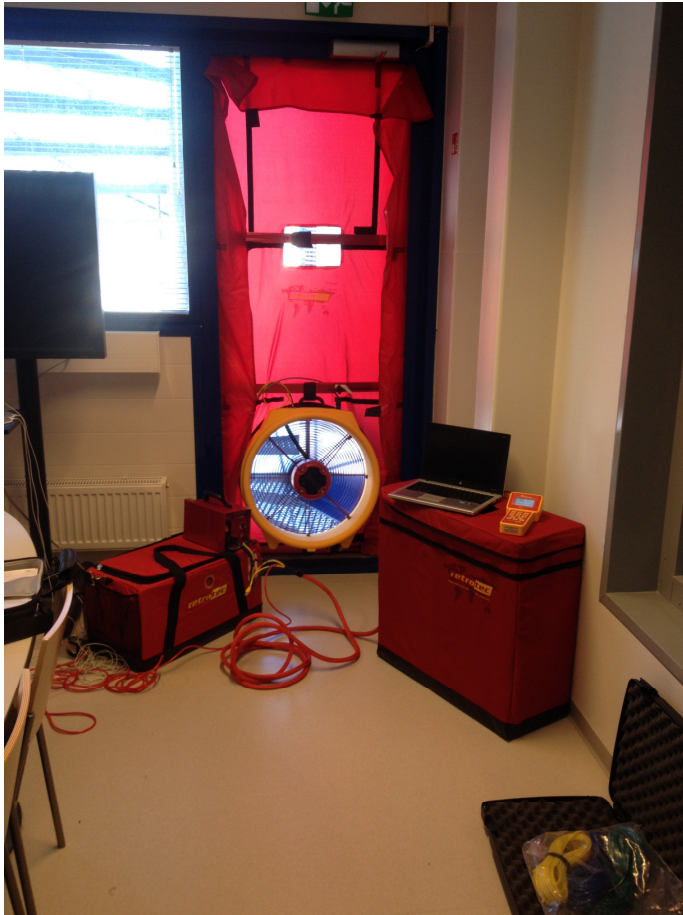
Tiiviysmittaus suoritetaan yleensä valmiiseen rakennukseen. Mitattu tulos otetaan energiatodistuksessa huomioon lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa. Lisäksi tasauslaskennassa huomioon otettavia arvoja ovat vaipan lämmönläpäisykerroin ja ilmanvaihdon lämmön talteenottokerroin.

Tiiviysmittaus on tullut jäädäkseen yhtenä vaipan kunnan tutkimisen muotona lämpökuvauksen rinnalle. Tiiviysmittaus on tehtävä jokaiseen uudisrakennukseen ennen käyttöönottoa silloin kun lämpöhäviölaskelmassa on käytetty parempaa ilmanvuotolukua  $q_{50}$  kuin  $4,0 \text{ (m}^3 / \text{h} \times \text{m}^2)$ .

1.7.2012 jälkeen tiiviysmittauksen virallisena yksikkönä on käytetty  $q_{50}$  – lukua. Luku kuvaa vuotoilman määrää tunnin aikana, 50 Pascalin paine-erolla, jaettuna vaipan neliötä kohden. Ennen tätä käytettiin  $n_{50}$  – lukua, mikä kuvaa rakennuksen kokonaisilmatilan vaihtumista vaipan vuotokohtien kautta tunnissa, 50 Pascalin paine-erolla. Nykyään  $n_{50}$  – lukua voidaan käyttää  $q_{50}$  luvun rinnalla vertailukohtana.

### 3.1.1 Tiiviysmittausmenetelmät

Tiiviysmittaus suoritetaan yleensä erillisellä, siihen tarkoitettulla laitteistolla. Laitteistoon kuuluu ovipuhallin, ovikehikko, paine-eromittari, puhaltimen ohjauslaite ja tietokone, missä on tarvittavat ohjelmat mittauksen suorittamiseksi. Kuvassa (10) on esitelty tavanomainen tiiviysmittauskalusto.



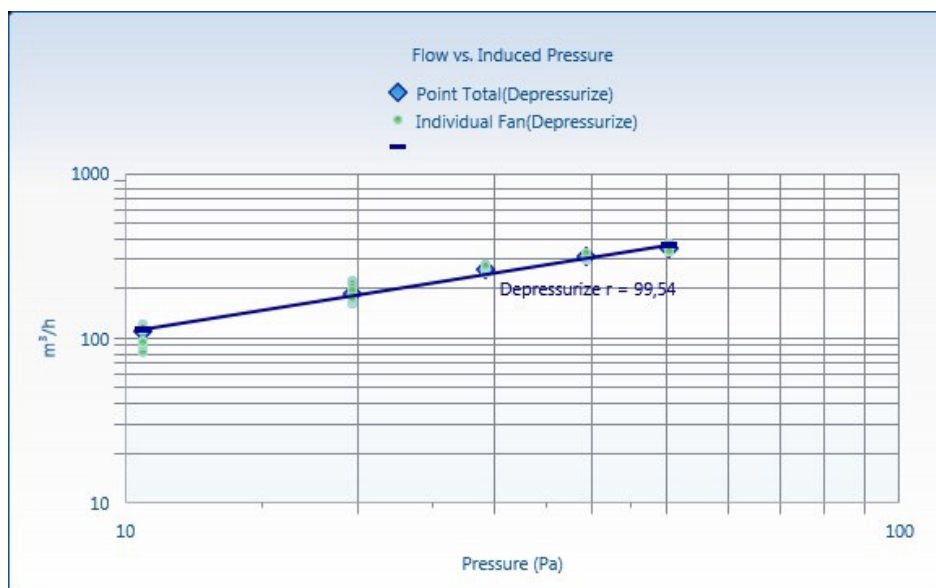
KUVA 10. Tavanomainen tiiviysmittauskalusto

Virallinen tiiviysmittaus suoritetaan paine-eromenetelmällä standardin SFS EN 13829 mukaisesti menetelmää B käyttäen. Menetelmä A tarkoittaa, että ilmanvaihtoventtiilit ja tulisijojen luukut vain suljetaan, kun menetelmässä B:ssä ne teipataan täysin tiiviiksi. Mittaus suoritetaan sekä ali- että ylipaineisena ja virallinen tulos on näiden keskiarvo. Mittauksen tavoitteena on saattaa rakennukseen 50 Pascalin paine-ero ulkoilmaan nähden ja tulokseksi saadaan vuotoilman määrä kyseisellä paine-erolla.

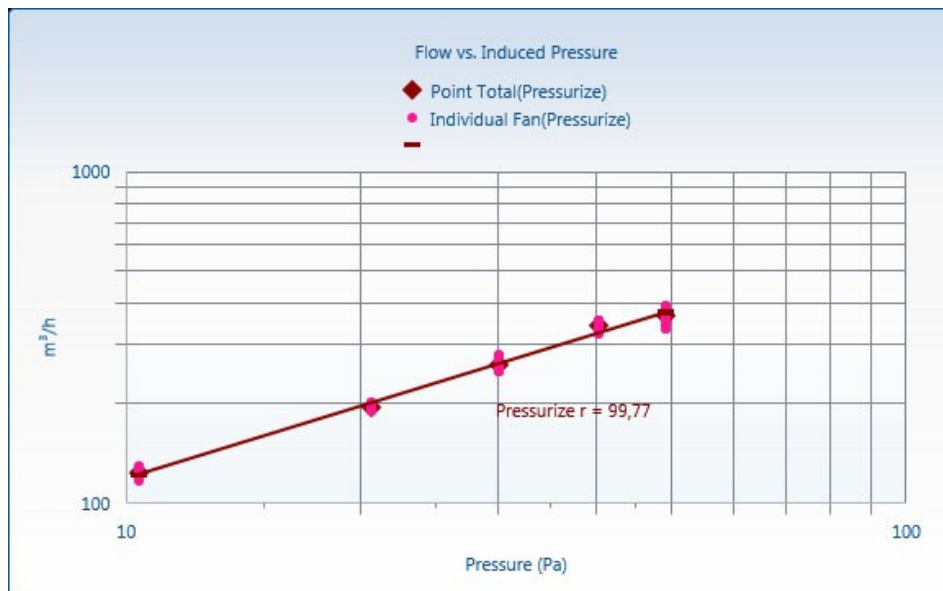
Ennen mittausta kaikki rakennuksen kanavat ulos tukitaan joko palloilla, muovein tai teippaamalla. Myös ilmanvaihtokone sammutetaan ja ikkunat sekä ovet suljetaan. Tulisijat ja viemärit tulee myös tulpata huolellisesti. Mittausta varten tulee mitata ulkona vallitseva ilmanpaine, lämpötila sekä tuulivoimakkuus. Myös rakennuksen tilavuus-tiedot ja vaipan alat tulee laskea käyttäen apuna piirustuksia ja laser-etäisyysmittaria.

Rakennuksen mitattavaan osaan otetaan kaikki ilmastoinnin piiriin kuuluvat, lämmitetyt ja jäädytetyt tilat, sekä tilat jotka selkeästi ovat ilmanpitävän vaipan sisäpuolella. Rakennuksen sisätilavuus ja vaipan ala lasketaan rakentamismääräyskokoelmassa D5 määritetyn ohjeen mukaan. Rakennuksen ilmatilavuus on huonekorkeuden ja kokonaissisämittojen mukaan lasketun pinta-alan tulo. Ilmatilavuuteen ei lasketa välipohjia. Vaipan ala on ulkoseinien ala sisämittojen mukaan laskettuna sekä ylä- että alapohjan alojen summa. Vaipan alasta ei vähennetä aukkoja.

Mittaus suoritetaan ATK-ohjatusti. Ohjelma laskee vähintään viidellä eri paine-erolla rakennuksen vuotoilman määrän ja muodostaa niistä keskimääräisen suoran. Suora muodostuu vuotoilman ja paine-eron funktiona. Tästä suorasta ohjelma interpoloi halutun luvun 50 Pascalin kohdalta, ja jakaa vaipan alalla ja ilmatilavuudella, josta saadaan  $q_{50}$ - ja  $n_{50}$  -luvut. Alla on esitetty alipaine- ja ylipainekekeen ilmanvuotokäyrät tavanomaisesta asuinrakennuksesta (Kuva 11 ja 12).



KUVA 11. Vuotokäyrä, alipaine



KUVA 12. Vuotokäyrä, ylipaine

Mitattaessa suuria halli- tai toimistorakennuksia, voidaan mittaus suorittaa myös rakennuksen omilla ilmanvaihtokoneilla. Tällöin mittaus suoritetaan vastaavasti vähintään viidellä eri paine-erolla, mutta pelkästään alipaineisena. Ilmanvaihtokoneilla mitattaessa tärkeää on, että koneelle on määritelty k-kerroin (kaava 2), jolla kanavassa vallitsevan paine-eron avulla voidaan määrittää todellinen vuotoilman määrä. Käytettävien kanavien yhteenlaskettu vuotoilma jaetaan vastaavasti rakennuksen ilmatilavuudella tai vaipan alalla.

KAAVA 2. Vuotoilmamäärän laskukaava k-kertoimen avulla

$$q_v = k \times \sqrt{\Delta p_m}$$

jossa,

$q_v$  = ilmavirta [l/s]

$k$  = k-kerroin

$\Delta p_m$  = mitattu paine-ero kuristusrenkaan yli

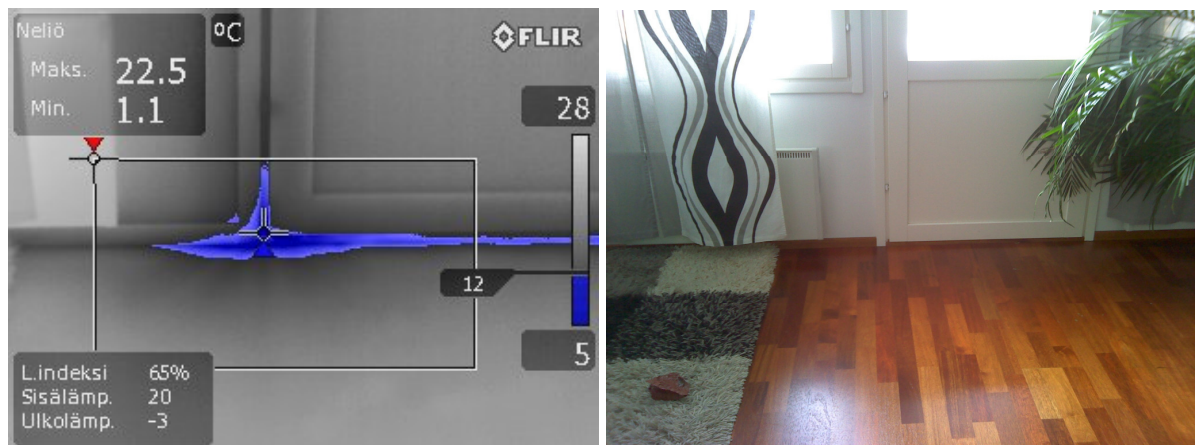
### 3.2 Tiiviiden ja tiiviysmittauksen merkitys

Energiamääräysten tiukentuessa on rakentamisessa kiinnitettävä erityisesti huomiota laatuun sekä suunnittelussa että toteutuksessa. Seinärakenteissa eristeen määrää on lisätty, jotta määräykset U-arvon suhteen täyttyisivät. Kun eristettä on seinärakenteessa vä-

hemmän, pääsee lämpö johtumaan paremmin seinärakenteen ulko-osiin kuivaten näin rakennetta. Eristettä lisättäessä seinän ulkolämpötila laskee. Samalla pintavastuksen osuus kokonaisresistanssista vähenee, jonka seurauksena seinän ulko-osien kuivana pysyminen on epävarmaa. Seinärakenteen ulkopinnan viileys ja siitä johtuva korkeampi RH% luo edellytyksiä epäpuhtauksien, kuten homeen muodostumiselle.

Eristettä lisättäessä on erityisen tärkeää, että rakennuksen tiiviyteen kiinnitetään huomiota. Hallitsemattomien ilmavuotojen pääseminen rakenteisiin on estettävä, jotta mahdolliset kosteus- ja homevaurioriskit voidaan välttää. Ilma- ja höyrönsulun limitykset sekä läpiviennin rakenteissa on tehtävä huolella. Varsinkin piiloon jäävien rakenneosien tiivis rakentaminen on huomioitava tarpeeksi ajoissa, jo suunnitteluvaiheessa.

Tiiviydellä on myös selkeä vaikutus asumisviihtyvyyteen. Kylmän sisäilman virtaaminen sisätiloihin aiheuttaa vedon tunnetta (Kuva 9) ja jopa terveyshaittariskejä. Tiivis vaippa parantaa sisäilman laatua, koska vedontunne vähenee ja epäpuhtauksien, kuten mahdollisten homeiden ja haitallisten aineiden sisäilmaan kulkeutuminen vaipparakenteista ja maaperästä vähenee.



KUVA 13. Vetoa aiheuttava ilmavuoto parvekeoven alareunassa

Vaipan ilmanpitävyyden parantamisella on siis lähes pelkästään positiivisia vaikutuksia. Alla on listattu tiiviin vaipan oleellisia hyötyjä:

- Erilaisten haitallisten mikrobien ja aineiden virtaus sisäilmaan vähenee
- kostean ilman virtaus vaipparakenteisiin vähenee
- vaipparakenteiden seinäpinnat ei jäähydy ulkoa tulevan viileämmän ilmavirran seurauksena



- Rakennuksen energiankulutus vähenee, kun ilmanvaihto tapahtuu ilmanvaihtokoneiston ja lämmön talteenoton kautta.
- Rakennuksen käyttäjien kokema vedontunne vähenee
- Rakennuksen paloturvallisuus paranee
- Koneellisen ilmanvaihdon säätäminen ja tavoiteltujen painesuhteiden saavuttaminen helpottuu. Tosin siirryttäessä yhä tiiviimpiin rakennuksiin, ilmanvaihdon ja sen tasapainotuksen merkitys muuttuu entistä tärkeämmäksi.

Etenkin passiivi- ja matalaenergiataloissa on ensiarvoisen tärkeää, että ilmanvaihto tasapainotetaan oikein, jotta ilma pysyy raittiina hengittää, ja toisaalta alipaine ei kasva liian suureksi. Passiivitalon ilmanvuotoluvun raja-arvo  $q_{50} \geq 0,6$ .

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 2) kuvataan ilmanvaihdon säätöjen merkitystä ja sen korostumista tiiviissä rakennuksissa.

TAULUKKO 2. Ilmanvaihdon säädön merkitys

Ilmanvaihdon säätö	Paine-ero (Pa)		
	$n_{50} = 0,15 \text{ 1/h}$	$n_{50} = 4,0 \text{ 1/h}$	$n_{50} = 10,0 \text{ 1/h}$
Tasapainotettu ilmanvaihto	-7...+4	-6...+4	-6...+4
15 % vähemmän tuloilmaa	-33...-22	-7...+4	-6...+4
15 % enemmän tuloilmaa	+15...+26	-6...+5	-5...+4

### 3.2.1 Tiiviiden vaikutus energiankulutukseen

Hallitsemattomalla vuotoilmalla on suuri merkitys rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Esimerkiksi pientaloissa laskennallisen vuotuisen energiankulutuksen lisäys on noin 4 % jokaista  $q_{50}$  – luvun kokonaisuusyksikköä kohden. Siirryttäessä matalaenergia- ja passiivitaloihin vuotoilman tarvitsevan energian osuus suhteessa kasvaa verrattuna normaaliomakotitalon energialaskelmiin.

Rakennuksen epätiivyyksien kautta sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmitykseen tarvittava energia,  $Q_{\text{vuotoilma}}$  lasketaan kaavalla (3). (4.5) D3 2012

KAAVA 3. Vuotoilman lämmitykseen tarvittava energia

$$Q_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

jossa,

$Q_{\text{vuotoilma}}$  vuotoilman lämmitykseen tarvittava energia, kWh

$H_{\text{vuotoilma}}$  vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K (Kaava 4)

$T_s$  sisäilman lämpötila, °C

$T_u$  ulkoilman lämpötila, °C

$\Delta t$  ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan muunnos kilowattitunneiksi

Vuotoilman ominaislämpöhäviö,  $H_{\text{vuotoilma}}$  lasketaan kaavalla (4). (4.6) D3 2012

KAAVA 4. Vuotoilman ominaislämpöhäviön laskentakaava

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i \times C_{pi} \times q_{v,\text{vuotoilma}}$$

jossa,

$H_{\text{vuotoilma}}$  vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K

$\rho_i$  ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$C_{pi}$  ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v,\text{vuotoilma}}$  vuotoilmavirta m<sup>3</sup>/s (Kaava 5)

Vuotoilman kokonaismäärä lasketaan kaavalla (5)

KAAVA 5, Vuotoilmavirran laskentakaava

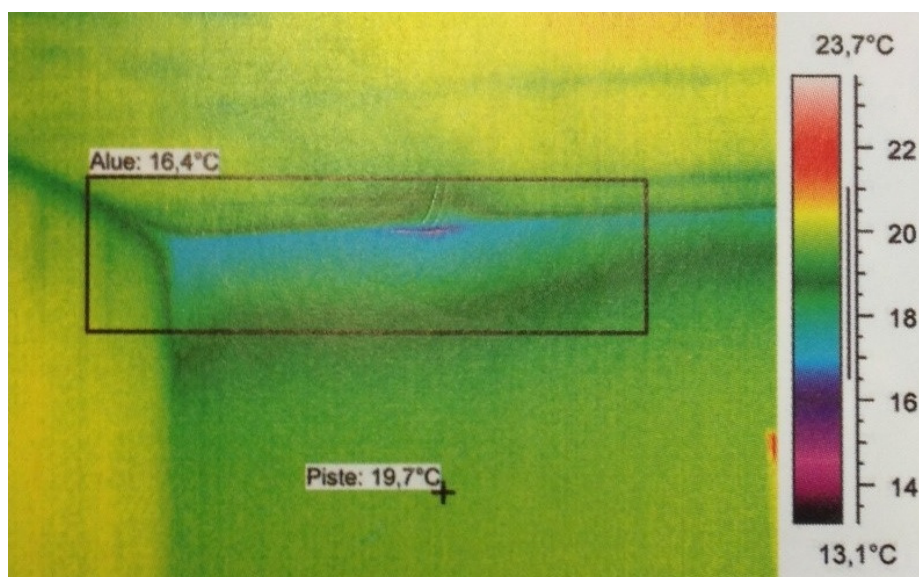
$$q_{v,\text{vuotoilma}} (\text{m}^3/\text{s}) = q_{50} / 3600 \times X \times A_{\text{vaiippa}}$$

X-kerroin:

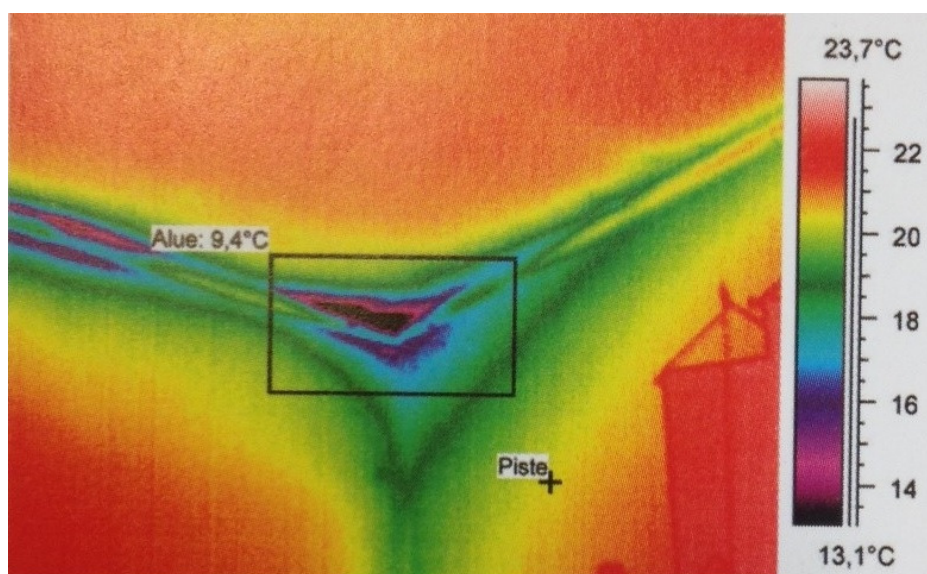
1-kerroksinen	<b>35</b>
2-kerroksinen	<b>24</b>
3-4 kerroksinen	<b>20</b>
5 ja sitä korkeammille	<b>15</b>

### 3.2.2 Ilmavuotojen paikantaminen ja korjaus

Tiiviysmittauksen yhteydessä usein tehdään myös ilmavuotojen paikannus. Paikannus tarkoittaa, että rakennukseen ajetaan yleensä n. 30–50 Pascalin alipaine, ja rakennuksen ilmavuodot paikannetaan merkkisavuun tai lämpökameralla. Ilmavuotokohtien paikantamisessa lämpökameralla ei voida käyttää lämpötilaindeksiä, sillä rakennus ei tällöin ole normaalikäyttötilanteessa. Alipaineen avulla ilmanvuotokohdat tulevat selvemmin näkyviin, ja myös rakenteiden sisäiset ilmavuodot voidaan paikantaa. Kuvissa (14 ja 15) on esitetty lämpökuvina rakenteessa oleva ilmavuoto normaalikäyttötilanteessa ja 30 Pascalin alipaineessa.



KUVA 14. Normaalikäyttötilanne -3 Pa



KUVA 15. Alipaine 30 Pa

Paikannetut ilmapuodot selvitetään tilaajalle tilauksessa sovituin perustein joko suullisesti, tai kirjallisella raportilla. Ilmapuotojen paikannus on olennainen osa tiiviin rakentamisen kehittämässä. Pelkkä tiiviyssmittaustodistus ei auta rakentamaan tiivistä. On tärkeää, että puotokohdat paikannetaan ja puotojen syyt selvitetään. Näin kehitys voidaan viedä rakenteiden ja niiden liittosten suunnitteluun ja työmaalla niiden toteutukseen.

### 3.3 Asuinrakennusten ilmanpitävyys

Rakennuksessa on rakennusfysikaalisista syistä oltava alipaine ulkoilmaan nähden. Alipaine yhdessä höyrytiivin ja ilmanpitävän kalvon kanssa varmistaa, ettei sisäilma pääse tunkeutumaan rakenteisiin. Varsinkin kylminä kausina lämpimän sisäilman absoluuttinen kosteus ( $\text{g/m}^3$ ) on huomattavasti suurempi kuin kylmän ulkoilman absoluuttinen kosteus. Suhteellinen kosteus, RH % kuvaa ilman sisältämän vesihöyryn määrää suhteutettuna sen kyllästyskosteuteen. Kyllästyskosteus kuvaa kuinka paljon ilma kykenee sitomaan vesihöyryä kussakin lämpötilassa. Lämmin ilma kykenee sitomaan huomattavasti enemmän kosteutta kuin kylmä ilma. Kostean sisäilman virtaaminen seinärakenteeseen saattaa vesihöyryn tiivistymään kastepisteessä. Kastepiste on lämpötila, missä ilman RH = 100 %, jolloin vesihöyry tiivistyy (kondensoituu) lähimpään rajapintaan.

Sisäilmankosteus sisältää ulkoilman kosteuden lisäksi asumisesta muodostuvan kosteuslisän. Kosteuslisä on riippuvainen kosteuden tuotosta, ilmanvaihdon tehokkuudesta ja tilan suuruudesta. Kosteuslisä syntyy ihmisten tuottamana, esimerkiksi ruoanlaitossa, tiskatessa, pyykinpesussa sekä peseytymisessä. Tavanomaisessa asumiskäytössä kosteuslisä on noin  $3 \text{ g/m}^3$  ja toimistokäytössä  $2 \text{ g/m}^3$ . Ahtaissa tiloissa, joissa ilmanvaihto on huono, voi kosteuslisä olla jopa  $> 4 \text{ g/m}^3$ . [HAMK, Rakennuslaboratorio, Rakennusfysiikkaa lämpökuvaajalle]

Rakennusten suunnittelussa suositeltava kosteusrasituksen mitoitussarvo on  $5 \text{ g/m}^3$  kosteusluokassa 1, ja  $4 \text{ g/m}^3$  kosteusluokassa 2. [RIL 107-2013]

Jotta sisäilma ei pääsisi seinärakenteeseen, asennetaan seinän sisäpuolelle vesihöyryä läpäisemätön kalvo eli höyrynsulku (Ks. 4.1 Ilmansulun sijainti ja jatkokset rakenteessa). Eristepaksuuden lisääntyessä on kuitenkin tärkeää, että höyrynsulku on tiivis, jol-

loin sisäilman usein kosteampi ilma ei pääse tunkeutumaan seinärakenteeseen aiheuttaen vesihöyryn kondenssiriskin.

Tiiviuden merkitys on kehittymässä nykyaikaisessa rakentamisessa. Tiiviillä rakennuksilla on takavuosilta jäänyt pullotalon leima, joka tarkoittaa tiivistä taloa, missä on puutteellinen ilmanvaihto. Ilmanvaihdon merkitys ja sen oikein säätäminen korostuu, mitä ilmatiiviimpi rakennus on kyseessä.

Betonielementtirakenteiset rakenteet ovat yleensä huomattavasti tiiviimpiä kuin puurakenteiset ratkaisut. Betonielementti on massiivinen, tiivis ja yhtenäinen rakenne, jolloin sen ilmanpitävyys on erityisen hyvä. Betonielementit juotetaan toisiin kantaviin rakenteisiin saumavaluin, jotka huolellisesti tehtynä ovat hyvin ilmanpitäviä. Yleisimmät betonielementeistä rakennettujen rakennusten vuotokohdat sijaitsevat ikkuna- ja oviliitoksissa, tiivisteissä sekä huolimattomasti toteutetuissa läpivienneissä. Myös elementtisaumat ovat potentiaalisia vuotoilmakohtia, mikäli saumavalu tai sauman kittaus on tehty huolimattomasti.

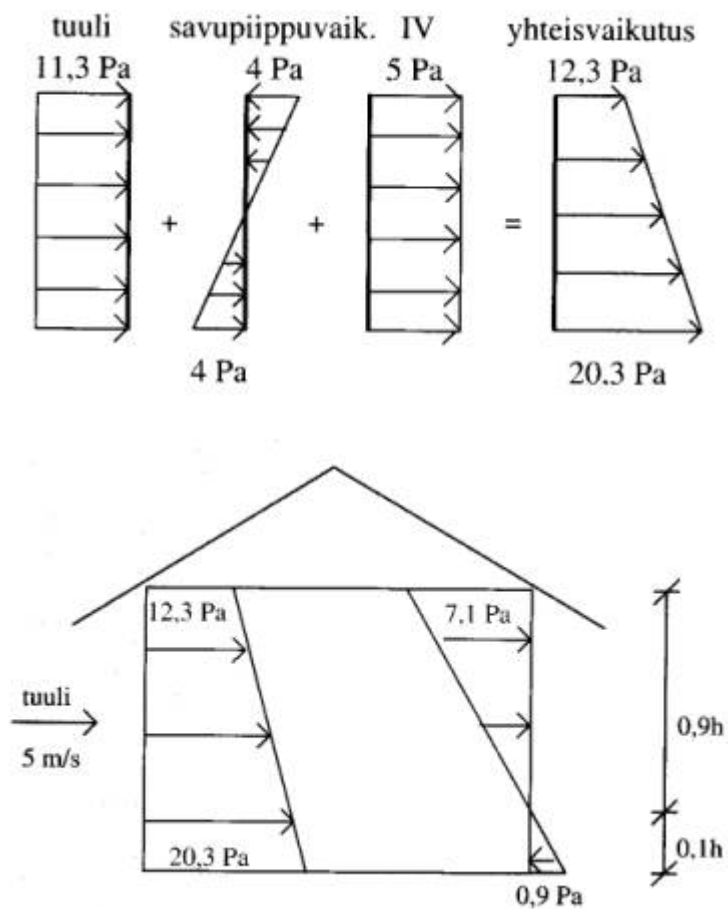
### **3.3.1 Rakennuksen paine-erot**

Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat useat eri tekijät. Lämmin ilma nousee ylöspäin, jolloin korkeissa rakennuksissa muodostuu niin sanottu savupiippuvaikutus. Savupiippuvaikutus muodostaa rakennuksen alaosiin alipaineen, ja vastaavasti ylöspäin nouseva ilma muodostaa yläosiin ylipaineen. Vanhoissa ja korkeissa rakennuksissa on tavanomaista, että ullakkotiloissa vallitsee ylipaine.

Toinen painesuhteisiin vaikuttava seikka on ilmanvaihto ja sen tasapainotus. Nykyään rakennusten ilmanvaihto toteutetaan tulo- poistoilmanvaihtojärjestelmällä, jossa tulevan ja lähtevän ilman määrää voidaan säätää. Rakennuksen eri tilat kuuluvat ilmanvaihtokoneiston piiriin. Tiloihin tulee raitis ilma ja poistona lähtee jäteilma. Säätämällä ilmanvaihtokoneen tehoa ja jäteilmakanavassa olevia venttiilejä, voidaan tilojen ilmanvaihto tasapainottaa niin, että ilma vaihtuu suunnitellusti ja alipaine on sopiva.

Kolmas painesuhteisiin vaikuttava tekijä on tuuli. Rakennukseen osuessaan se aiheuttaa rakennuksen tuulenpuoleiselle sivulle alipainetta ja vastakkaiselle puolelle vastaavasti ylipainetta.

Alla olevassa kuvassa (16) on summattu tekijöiden vaikutus tavanomaisessa, nykyaikaisessa rakennuksessa. Kokonaispaine-ero rakennuksen eri osissa saadaan laskemalla eriyistä aiheutuneet paine-erot yhteen.



KUVA 16. Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat tekijät

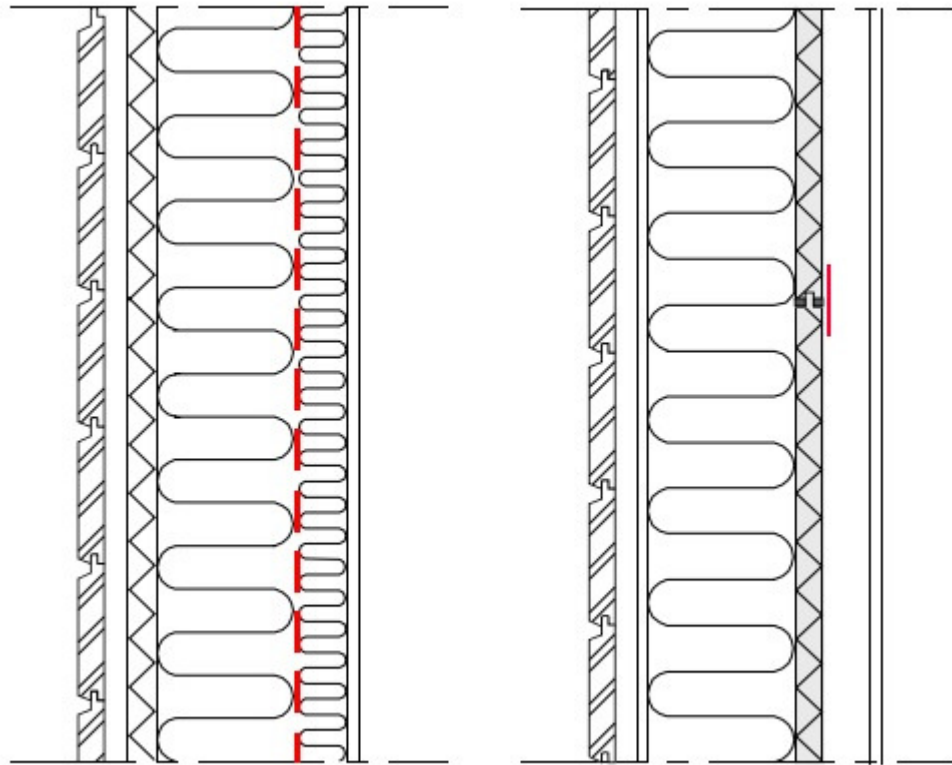
## 4 Ilmatiiviiden rakenteiden toteutus

Ilmatiiviiden rakenteiden toteutuksessa täytyy kiinnittää huomiota detaljien suunnitteluun, sekä niiden huolelliseen toteutukseen rakentamisvaiheessa. Liitokset ja läpiviennit on suunniteltava niin, että ne voidaan toteuttaa helposti työmaalla. Liitokset tulee rakentaa niin, että ilmanpitävyys säilyy koko rakennuksen eliniän ajan. Tiivistyksissä ja liitosten kiinnityksissä tulee käyttää oikeita tuotteita. Tuotteilla tulee olla riittävä tartunta- ja muodonmuutoskyky sekä pitkäaikaiskestävyys. Vaippaa ympäröivän ilmansulun tulee olla yhtenäinen, limitykset riittävät ja tiivistys asianmukainen. Rakentamisen aikana ilmatiiviyteen liittyviä työvaiheita tulee valvoa ja liitokset tarkistaa ennen peittämistä.

### 4.1 Ilmansulun sijainti ja jatkokset rakenteessa

Kalvomainen ilmansulku on pyrittävä asentamaan seinärakenteen sisään, taloteknisien vetojen, kuten sähköasennuksien ulkopuolelle. Tämä edesauttaa kalvon pysymistä ehjänä, sillä siihen ei tarvitse tehdä ylimääräisiä läpivientejä. Yleensä ilmansulku asennetaan noin kolmasosan päähän sisäpuolelta katsottuna, villakerrosten väliin. Alla olevassa kuvassa (Kuva 17 a ja b) on esitetty kaksi tavanomaista puurunkoista seinärakennetta. Molemmissa kerros toimii niin höyry- kuin ilmansulkunakin. Osassa a ilmansulku on kantavan rungon sisäpinnassa, jonka jälkeen on koolaus ja 50 mm:n lisäeristys. B osassa sulku muodostuu kovasta polyuretaanilevytyksestä, jossa saumat vaahdotetaan pontista, sekä teipataan.

Seinärakenteen ulkopuolella tulee olla tuulensuojakerros ennen lämmöneristekerrosta. Tuulensuoja on yleensä levymäinen rakenne ja se kiinnitetään nauloin tai muuten mekaanisesti kantavaan runkoon. Tuulensuojan tulee olla materiaalina ilmatiivis, mutta mahdollisimman hyvin vesihöyryä läpäisevä kerros. Huolellisesti asennettu tuulensuoja-levy edesauttaa rakenteen toimivuutta ja vähentää konvektion riskiä seinärakenteessa.

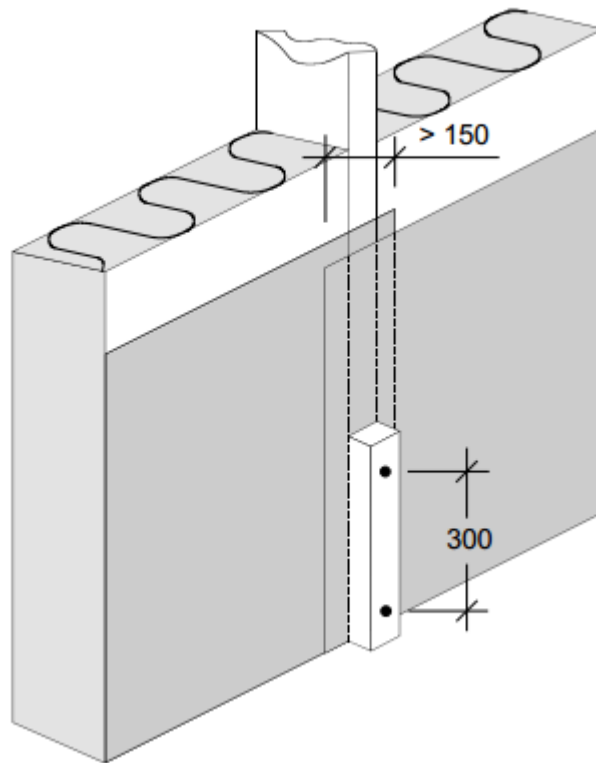


KUVA 17 A. Mineraalivilla

KUVA 17 B. Polyuretaanieriste

Kalvomaisen höyrynsulun jatkokset ovat aina potentiaalisia ilman vuotokohtia rakenteessa. Jatkokset tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että ne kestävät ja pitävät tiiviytensä koko rakennuksen eliniän ajan. Tyypillinen höyrynsulun jatkos on turvallisin ja pitkäikäisin silloin, kun muovi limitetään vähintään 150 mm:n matkalta ja puristetaan kahden puun väliin. Limityksen teippaus varmistaa liitoksen ilmanpitävyyttä entisestään. Alla olevassa kuvassa (Kuva 18) on esitetty esimerkki rungon ja koolaustuun tai puuriman väliin puristetusta ilmansulusta. (Aho&Korpi 2009)





KUVA 18. Ilma-/höyrynsulun jatkos puristettuna riman ja runkotolpan väliin

Sisäpuolisen ilmansulkukerroksen lisäksi myös rakenteen ulkopuolinen tiiviys ja tuulen pitävyys on erittäin tärkeä. Ulkoa rakenteeseen pääsevä kylmä ilma voi aiheuttaa huokoisissa eristekerroksissa rakenteen sisäistä konvektiota. Konvektiota voi syntyä myös rungon ja eristeen väliin jäävistä raoista. Näin ollen on tärkeää kiinnittää huomiota, että villaa on joka paikassa ja se on tiiviisti runkoa vasten. Tuulensuojana voidaan käyttää mahdollisimman hyvin vesihöyryä läpäisevää, huokoista lämmöneristelevyä, tuulensuojalevyä tai tuulensuojakangasta. [Aho & Korpi 2009]

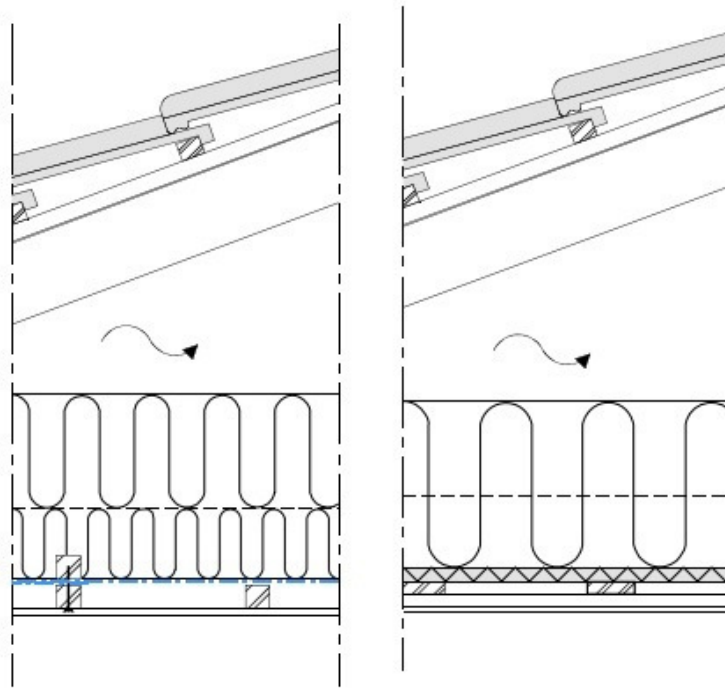
Ilmansulkukerroksen toimiessa myös höyrynsulkuna, on sen sijaittava mahdollisimman lähellä lämmintä sisäpintaa. Mikäli sulkukerros sijaitsee syvällä rakenteen sisällä, on vaarana että kosteus tiivistyy villakerrokseen, tai sen ulkopuoliseen rajapintaan. Ilmansulku tulee asentaa kohtaan, missä rakenteen lämmönvastus  $R$  on maksimissaan 25 % kokonaislämmönvastuksesta. Tällöin lämpötila ei pääse laskemaan kastepisteeseen.

## 4.2 Yläpohjarakenteiden tiivistys

Puurakenteiset yläpohjaratkaisut ovat yleisesti käytetty Suomessa niin puuranka- kuin kivirakenteisten seinien kanssa. Usein ilmansulkukerros toimii myös höyrynsulkuna samoin kuin seinärakenteessa, jolloin se sijoitetaan lähelle sisäpintaa.

Ilmansulun jatkokset tulee tehdä huolella, ettei yläpohjan villakuorma rasita, venytä ja viimein murra liitosta. Koolausvälinä yläpohjalle on hyvä käyttää riittävän tiheää, vähintään 400 jaolla olevaa rimoitusta. Yläpohjan villakerroksen pohjalla suositellaan käytettäväksi levymäistä villaa, jolloin rasitus ei tule niin voimakkaasti ilmansulkumuoville. Puhallusvillan asennuksessa voi jäädä tyhjiä koloja tai ilmarakoja esimerkiksi ilmastointiputkien alle. Pohjalla oleva levymäinen villakerros pienentää puhallettavan villan asennusvirheiden tai painumien vuoksi muodostuvaa konvektio- tai kylmäsilta-riskiä, jotka sisäpintaan päästessään voivat aiheuttaa pinnan lämpötilan laskemista. [Aho & Korpi 2009]

Kuvissa 19 a ja b on esitetty puisen yläpohjan kalvomaisesta ja solumuovilevyllä toteutetuista höyrynsuluista. Kalvomainen höyrynsulku on jatkettu limittämällä, teippaamalla ja puristamalla. Alempi kerros on levymäistä villaa. Ylempi kerros voidaan toteuttaa joko levymäisellä tai puhallusvillalla. Kuvan 19 b Solumuovieristelevy toimii myös höyrynsulkuna. Levy jatketaan ponttijatkoksella, joka vaahdotetaan ennen asennusta. Alaslasku on ristiin koolattu sähkövetojen helpottamiseksi.



KUVA 19 A. Kalvo

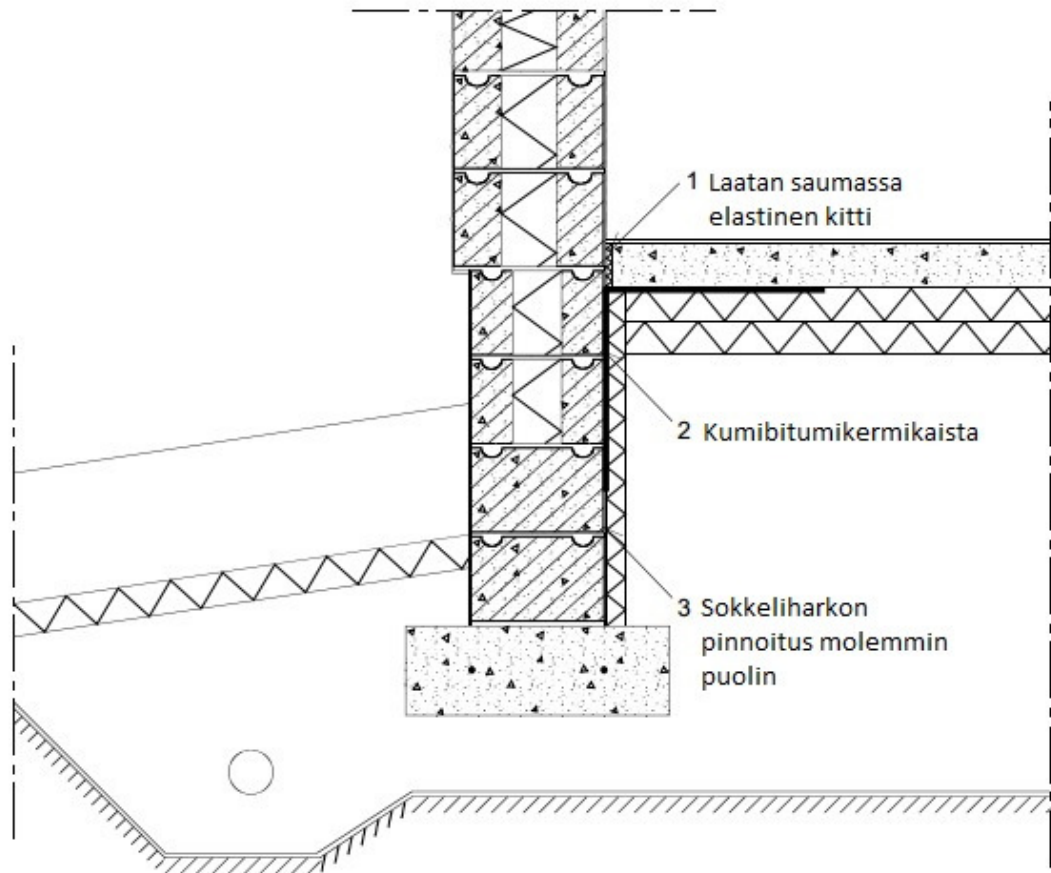
KUVA 19 B. Solumuovilevy [Aho &amp; Korpi 2009, 19, 20]

### 4.3 Alapohjat

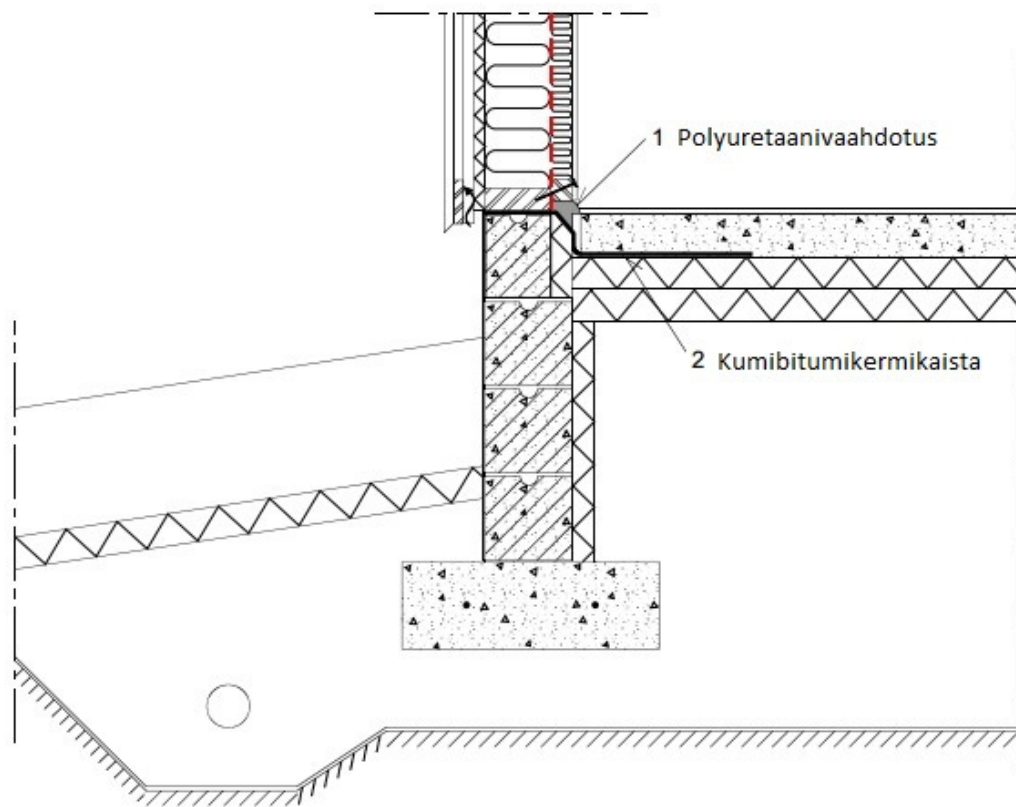
Ilmanpitävät rakenteet edesauttavat hyvän ja terveellisen sisäilman saavuttamista. Ilmanpitävyys on erityisen tärkeä alapohjissa, koska alapohjan läpi tuleva ilmavirta tuo paljon epäpuhtauksia mukanaan. Yksi haitallisimmista alapohjan vuotokohdista sisään virtaava yhdiste on radon-kaasu. [Aho & Korpi 2009, 22]

#### 4.3.1 Maanvastaiset alapohjat

Maanvastaiset alapohjarakenteet ovat yleensä toteutettu paikallavalaen, jolloin rakenne itsessään on riittävän ilmatiivis. Näissä tapauksissa huomio tulee kiinnittää laatan saumakohtiin sekä läpivienteihin. Laatan ja seinärakenteen liitos tiivistetään yleensä kumi-bitumikermillä. Läpiviennit voidaan valaa tiiviiksi ja tarvittaessa varmistaa kittaamalla. Kuvassa 20 on esitetty tyypillinen paikalla valetun alapohjan ja harkkoseinän liitos. Kuvassa 21 on vastaavanlainen alapohja yhdistettynä puurunkoiseen seinärakenteeseen. Oheisessa esimerkissä lattia valetaan ennen seinärakenteen pystytystä. [Aho & Korpi 2009, 22]



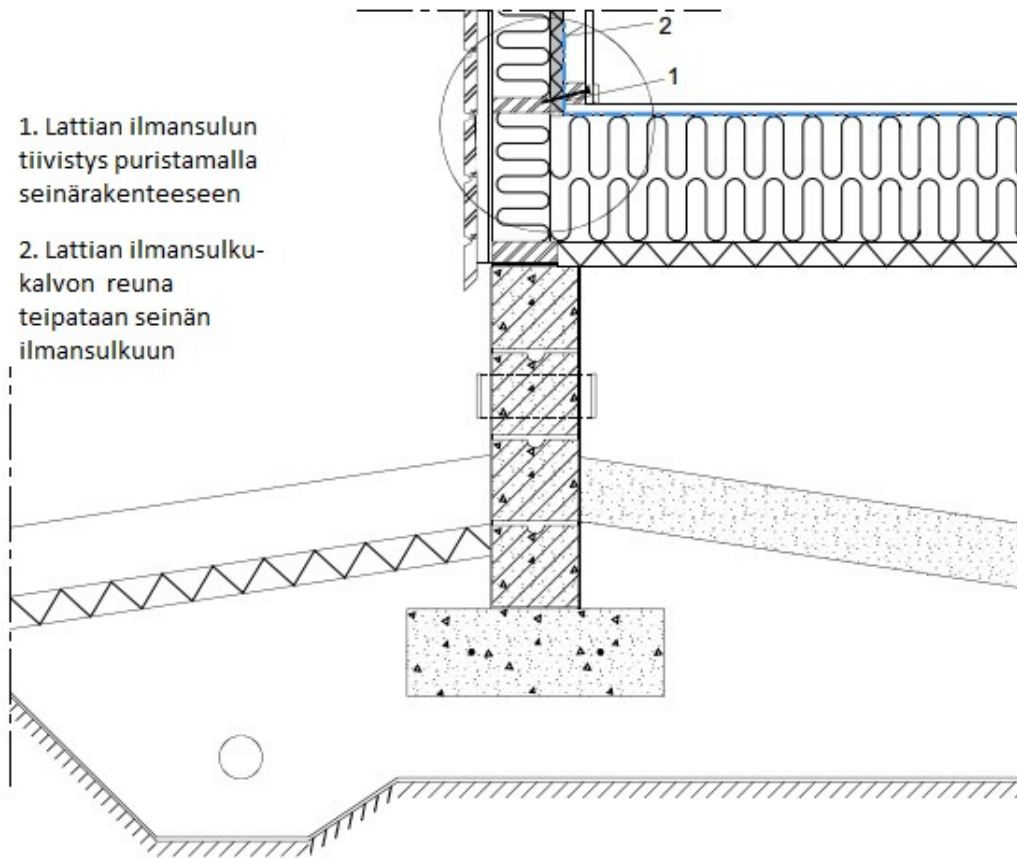
KUVA 20. Maanvarainen laatan ja harkkoseinän välinen liitos [Aho & Korpi 2009, 24]



KUVA 21. Maanvastaisen laatan ja puurunkoisin seinän välinen liitos [Aho & Korpi 2009, 30]

#### 4.3.2 Tuulettuvat alapohjat

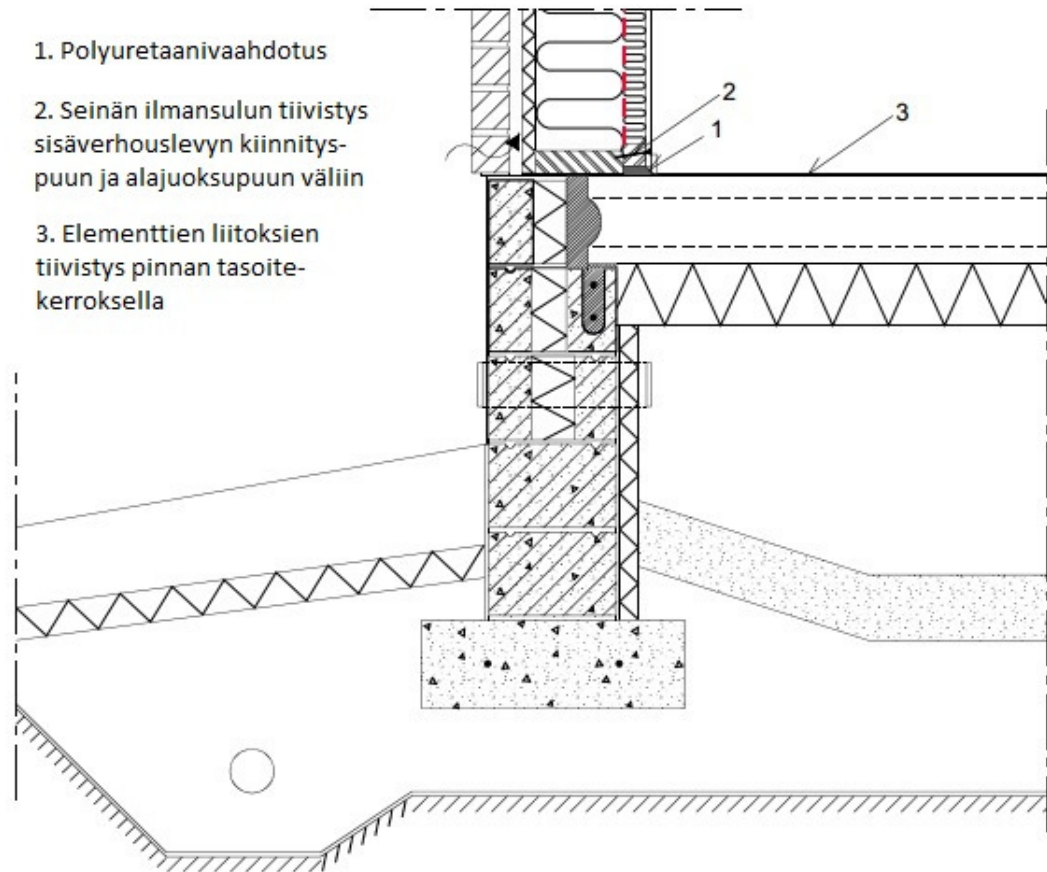
Tuulettuva alapohja voidaan tehdä sekä kivi- tai puurakenteisena. Etenkin puurakenteisissa alapohjissa (Kuva 22) olennaista on alapohjan riittävä tuuletus. Tuuletuksen tulee olla vähintään 4 promillea ryömintätilan pinta-alasta. Tuuletusaukkojen tulee olla riittävän suuret, vähintään  $150\text{cm}^2$  ja niiden enimmäisväli saa olla enintään 6m. Aukkojen tulee olla vähintään 150mm korkealla valmiista maanpinnasta. Ryömintätilan korkeus tulee olla vähintään 0,8 m. [Suomen Rak Mk C2 1998, 3, 6-7]



KUVA 22. Puurakenteinen, tuulettuva alapohjarakenne [Aho & Korpi 2009, 36]

Lattiaan asennetaan tuulensuojalevy, joka estää viileämmän ulkoilman virtaamisen lämmöneristekerrokseen. Tuulensuojakerroksen tulee olla riittävän tiivis, lämpöä eristävä sekä kosteutta kestävä, jotta lämmöneristekerros pysyisi kuivana. Tuulensuojan täytyy myös läpäistä vesihöyryä, koska se sijaitsee rakenteen kylmässä pinnassa. Muutoin vesi pääsisi kondensoitumaan lämmöneristekerroksen rajapintaan.

Kivirakenteiset alapohjat (Kuva 23) tehdään yleensä ontelolaatoista, joiden alapintaan on valmiiksi asennettu lämmöneristelevy. Ontelolaattojen elementtisaumat vaativat erilisen ilmansulkukerroksen, koska saumavaluihin tulee ajan myötä halkeamia. Saumoihin voidaan asentaa kumibitumikermi joko hitsaamalla tai liimaamalla. Myös alapuolisten eristelevyjen saumat tulee vaahdottaa polyuretaanivaahdolla kylmäsiltojen välttämiseksi. Mikäli ontelolaataston päälle tulee yhtenäinen jälkivalu, voidaan sitä pitää ilmanpitävänä kerroksena, jolloin ilmasulkuja saumakohtiin ei tarvita. Läpiviennit voidaan tiivistää kuten maanvaraisessa alapohjassa. [Aho & Korpi 2009, 22]



KUVA 23. Ontelolaatoilla toteutettu tuulettuva alapohjarakenne [Aho & Korpi 2009, 34]

## KAKSIVAIHEINEN LÄMPÖKUVAUS

### 4.4 Kaksivaiheinen lämpökuvaus osana laadunvarmistusta

Lämpökuvaus on tehokas ja luotettava tapa tutkia rakennuksen ulkovaipan lämpöteknistä kuntoa. Lämpökameralla voidaan myös havaita ilmapuodot esimerkiksi huonosti tiivistetyn ikkunan välistä tai läpiviennin tiivistyksestä. Rakennuksessa on lisäksi ilmapuotoja, jotka eivät välttämättä näy kunnolla lämpökuvassa. Tällaisia ilmapuotoja ovat paikalliset, pienet ilmapuodot ja rakennusosien taakse piiloon jäävät vuotokohdat.

Tutkittaessa erityisesti matalaenergia- ja passiivitaloja, täytyy tiiviyyteen kiinnittää erityistä huomiota. Tällöin pienetkin ilmapuotokohdat ovat merkittäviä kokonaisilmapuotoluvun kannalta. Tavallisen lämpökuvauksen ohella voidaan laadunvarmistamisen kannalta tehdä kaksivaiheinen lämpökuvaus. Ensimmäisessä vaiheessa suoritetaan tavallinen lämpökuvaus, minkä jälkeen toisessa vaiheessa rakennus alipaineistetaan, ja lämpökuvaus suoritetaan uudelleen.

Alipaineen avulla voidaan tutkia myös sisäilman laatua. Osastoivien seinien vuotokohdat eivät yleensä näy lämpökamerassa, sillä lämpökuvaus vaatii riittävästi lämpötilaeroa rakenteen yli. Lämpö- ja ilmapuotoja voidaan paikantaa sisätiloissa, mikäli lämpimän ja kylmän tilan välillä on riittävästi lämpötilaeroa. Selkein tapa vuotoilmakohtien paikallistamiseen sisätiloissa on merkkisavut, koska ne toimivat lämpötilaerosta riippumatta. Paine-ero tuotetaan yleensä erillisillä puhaltimilla, jonka jälkeen potentiaalsiin vuotoilmakohtat käydään läpi merkkisavulla. Savun liikkeitä tulkitsemalla havainnoidaan vuodon laajuus, voimakkuus sekä suunta. Kuvassa 24 on esitetty merkkisavulla havaittu vuotoilmakohta.





KUVA 24. Merkkisavulla havaittu vuotoilmakohta, ovikarmin ja alapohjan liitos.

#### 4.5 Esimerkkikohteet

Esimerkkikohteiksi on valittu kaksi vuonna 2012 valmistunutta asuinkerrostaloa. Talot kuuluvat samaan taloyhtiöön ja sijaitsevat vierekkäin. Pohjiltaan rakennukset ovat samanlaisia, mutta toistensa peilikuvat. Taloissa on viisi maanpäällistä kerrosta ja yksi maanalainen kerros. Huoneistoja taloissa on kummassakin 14. Lisäksi ylimmässä kerroksessa on taloyhtiön yhteinen saunatila sekä kattoterassi.

Rakennuksen ulkoseinät on rakennettu betonielementeistä, alapohja on maanvarainen laatta ja yläpohja myös betonirakenteinen. Välipohjat on toteutettu paikallavalaen.

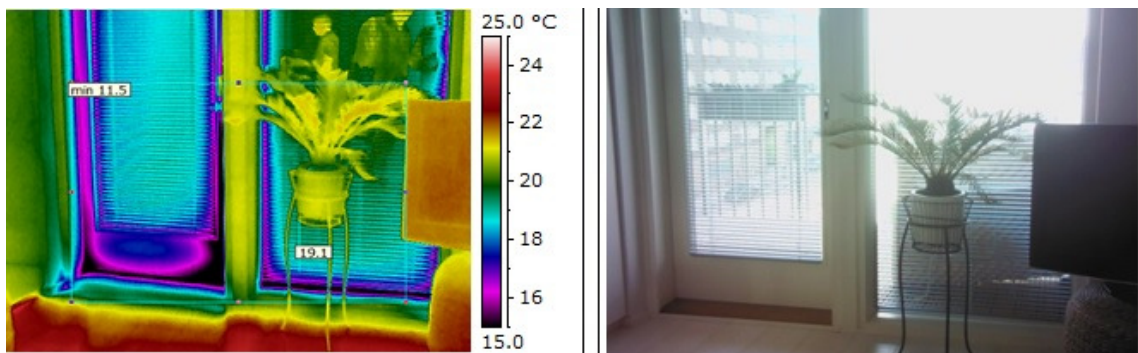
Ilmanvaihto on toteutettu asuntokohtaisesti ilmanvaihtokoneilla, jotka ovat varustettu lämmön talteenottokennolla. Lisäksi huoneistoissa oli vesikiertoinen lattialämmitys. Porrashuoneen ja varastotilojen ilmanvaihto on toteutettu koneellisella poistolla.

Toisessa talossa on havaittu sisäilmaongelmia kahdessa huoneistossa, jonka seurauksena ko. asuntojen asukkaat ovat joutuneet muuttamaan pois. Lisäksi osa asukkaista on kertonut sisätilan vetoisuudesta sekä viileistä kohdista rakenteissa. Sisäilmatutkimusten yhteydessä rakennuksiin päätettiin suorittaa lämpökuvaus, tiiviysmittaus sekä ilma-  
vuotojen paikannus.

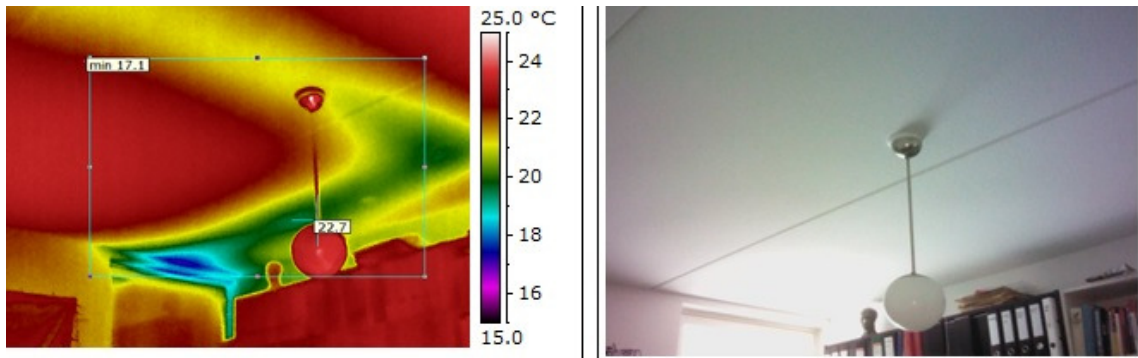
#### 4.5.1 Lämpökuvaus

Talot kuvattiin Paloniitty Oy:n toimesta. Tutkimukseen osallistui tilaavan osapuolen lisäksi tutkijat S. Paloniitty, R. Haimilahti ja J. Paloniitty. Työssä ei esitetä tilaajan, rakennusurakoitsijan, eikä taloyhtiön tietoja.

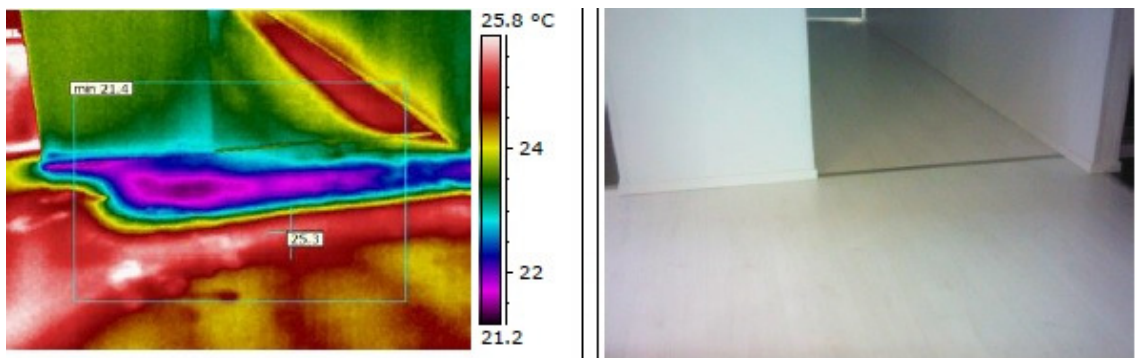
Talot kuvattiin järjestyksessä, ylhäältä alaspäin, huoneisto kerrallaan. Poikkeamia havaittiin pääosin ikkuna- ja ovirakenteissa, seinäelementeissä ja välipohjissa. Välipohjarakenteissa havaittiin viileämpiä kohtia eristämättömien raitisilmakanavien kohdalla (Kuva 26 ja 27). Lisäksi poikkeamia havaittiin ulkoseinäelementissä (Kuva 29). Ulkoseinäelementissä oleva poikkeama johtuu todennäköisesti irronneesta tiilisiteestä, jonka seurauksena on paikallinen kylmäsilta. Laaja tutkimusraportti lämpökuvauksesta on esitetty liitteessä 1 ja 2. Alla on esitetty asunnoista havaittuja poikkeamia.



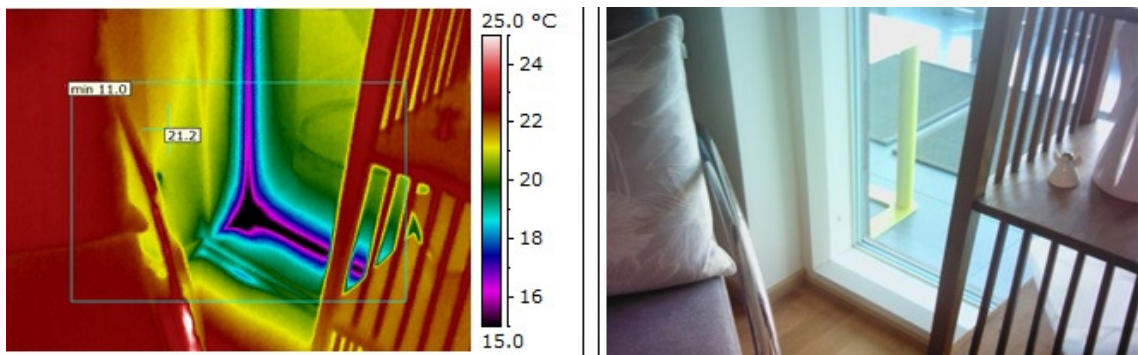
KUVA 25. Parvekeoven ja kiinteän ikkunan viivamainen tiivistevuoto



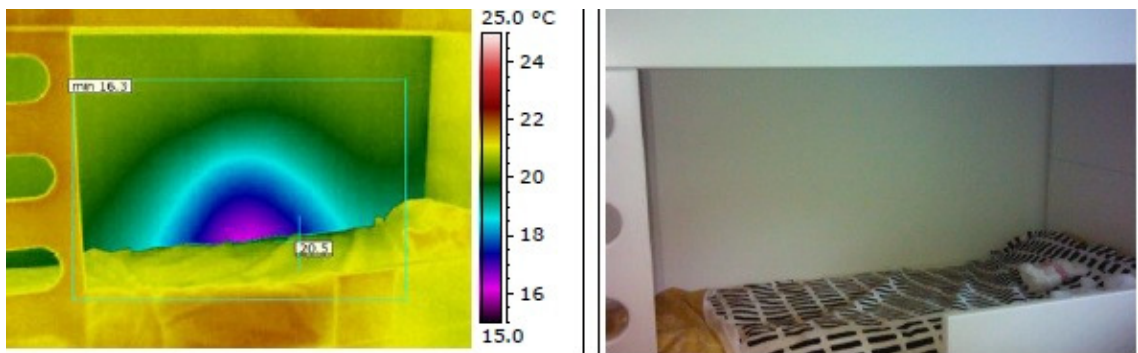
KUVA 26. Välipohjassa sijaitseva raitisilmakanava huoneiston katossa



KUVA 27. Välipohjassa sijaitseva raitisilmakanava huoneiston lattiasta kuvattuna



KUVA 28. Kiinteän ikkunan kulmassa ilmavuoto



KUVA 29. Viileä kohta ulkoseinässä. Aiheutuu mahdollisesti tiilisiteen kohdalla rakenteeseen päässeestä kosteudesta tai puutteesta lämmöneristeessä.

Lämpökuvaus osoitti, että vakavia rakenteellisia virheitä ei ole. Lämpöindeksin alittavia lämpötiloja havaittiin parvekeovi- ja ikkunarakenteista. Viileä kohta Välipohjassa johtuu eristämättömästä raitisilmaputkesta, joka kovilla pakkasilla on aistittavissa viileäksi.

Ilmanvaihdon tasapainoitus oli pääasiassa onnistunut, lukuun ottamatta alimpia kerroksia, missä paine-ero nousi jopa -15...-18 Pascaliin.

Asukkaan havaitsema vetoisuuden tunne osoittautui aiheutuvaksi laajoista, ympäristöön viileämmistä ikkunapinnoista, jotka aiheuttavat vetoa lattianrajassa. Ikkunan karmi-liitoksia on tiivistetty aiemmin rakennusurakoitsijan toimesta. Kyseisessä huoneistossa ei havaittu merkittäviä ilmavuotoja ikkunarakenteissa.

Esimerkkiraportti lämpökuvauksesta on esitetty liitteessä (1).

#### **4.6 Tiiviysmittaus**

Tiiviysmittaus tehtiin erillisillä Retrotec -puhaltimilla, sekä yli- että alipaineisena. Talojen tilavuustiedot ja vaipan alat olivat samat. Mittausta varten huoneistojen ilmanvaihtokoneiden kanavat tulpattiin kumipalloilla. Asuntojen porrashuoneeseen johtava ovi, sekä kaikki väliovet avattiin, jotta paine pääsee tasaantumaan joka puolella rakennusta. Yhteisien tilojen poistoventtiilit ja raitisilmakanavat tukittiin teippaamalla, sekä huipumurit kytkettiin pois päältä.

#### 4.6.1 Tiiviysmittauksen tulokset

Talojen tiiviysmittaustulokset poikkesivat toisistaan. Talo 10 oli huomattavasti tiiviimpi kuin talo 7. Yli- ja alipainekokeen keskimääräinen vuotoilmamäärä tarkastelupaine-erossa,  $\pm 50$  Pascalia oli  $2870 \text{ m}^3/\text{h}$  talossa 10 ja  $2310 \text{ m}^3/\text{h}$  talossa 7.

Tiiviysmittaustulokset:

Talo 7

$$n_{50} = 0,5310 \text{ 1/h}$$

$$q_{50} = 1,359 \text{ m}^3/\text{hm}^2$$

Talo 10

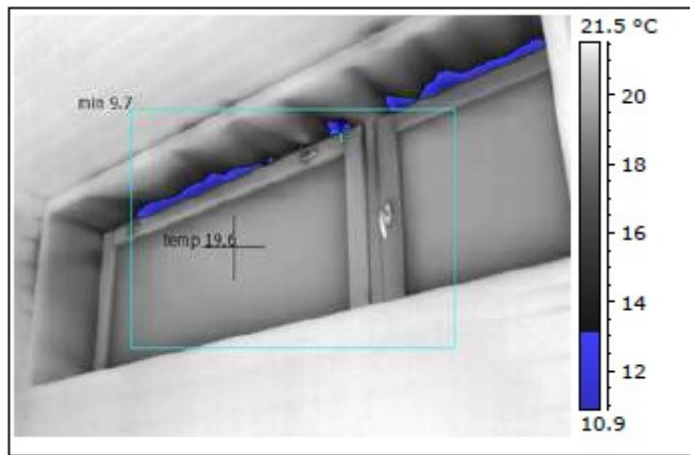
$$n_{50} = 0,6590 \text{ 1/h}$$

$$q_{50} = 1,689 \text{ m}^3/\text{hm}^2$$

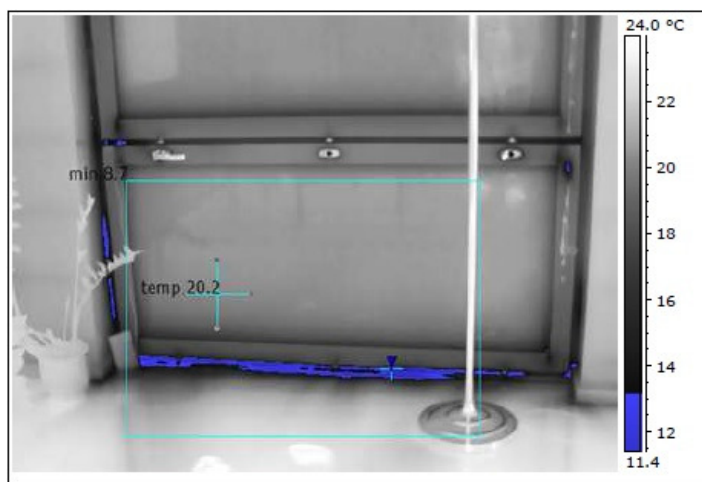
Ilmanvuotokohdat paikannettiin ja talosta 7 havaittiin enemmän vuotoja kuin toisesta talosta. Pääasiassa vuotokohdat olivat ikkunoiden ja ovien tiivistevuotoja. Rakenteiden liittymäkohdista ei havaittu merkittäviä ilmavuotoja. Esimerkkiraportti tiiviysmittauksesta on liitteessä (2).

#### 4.7 Ilmavuotojen paikannus

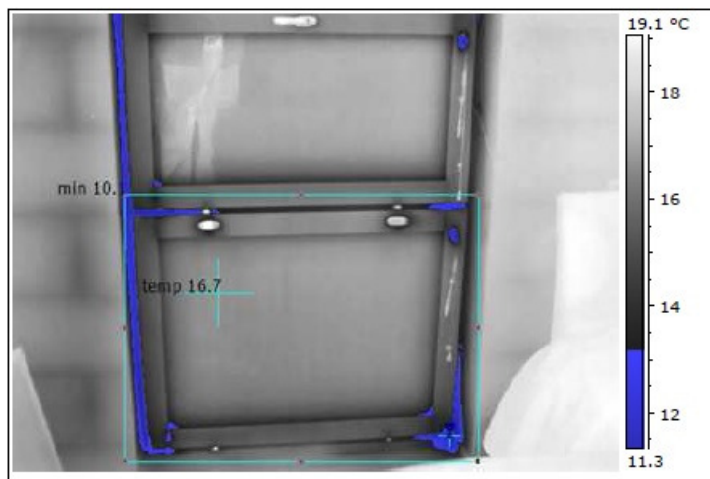
Taloissa suoritettiin ilmavuotojen paikannus 50 Pascalin alipaineessa. Vuotokohdat kuvattiin lämpökameralla ja on esitetty liitteessä 4 ja 5. Alla on esitetty havaitut, tyypilliset ilmavuotokohdat.



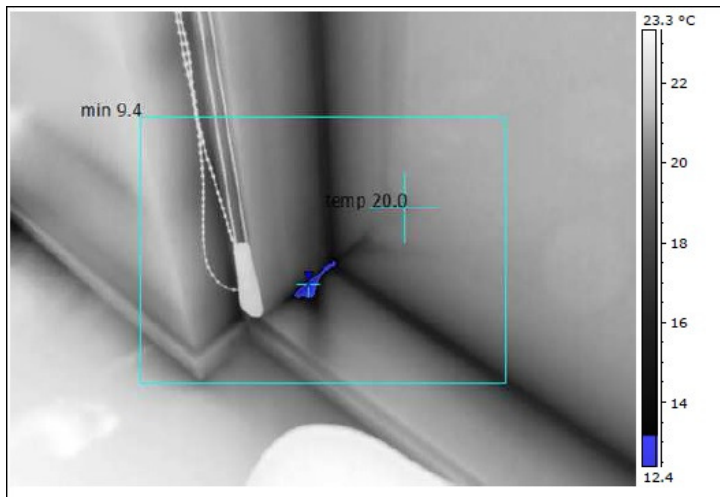
Kuva 30. Viivamainen ilmavuoto karmin ja ikkunasmyykin välistä



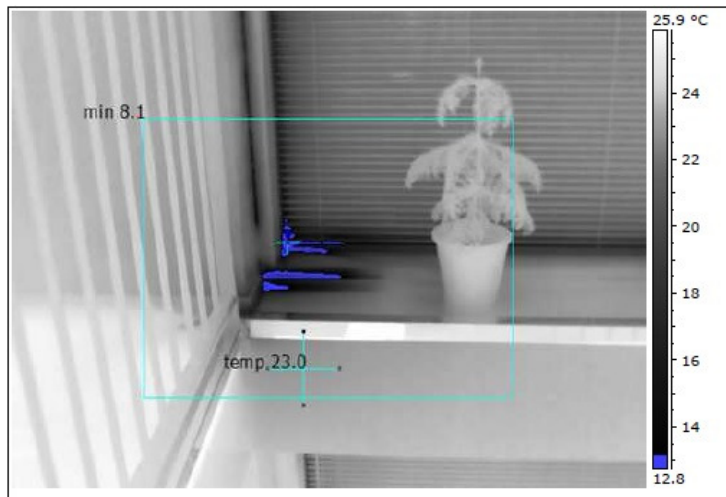
Kuva 31. Viivamainen ilmavuoto ikkunan alareunassa



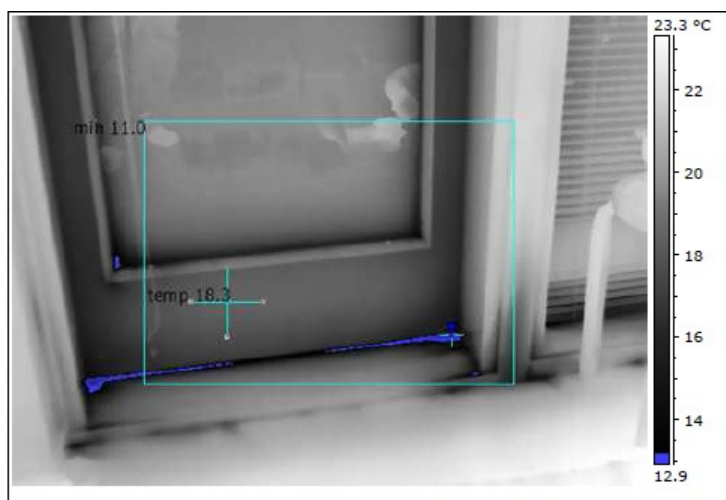
Kuva 32. Laaja ikkunan tiivistevuoto



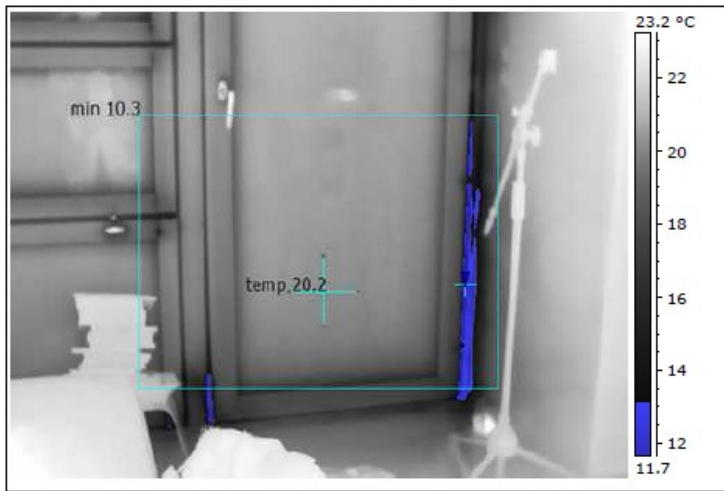
Kuva 33. Lievä kiinteän ikkunan karmivuoto



Kuva 34. Ilmavuoto kiinteän ikkunan liitoksessa välipohjaan



Kuva 35. Tyypillinen parvekeoven tiivistevuoto



Kuva 36. Viivamainen parvekeoven tiivistevuoto



## 5 POHDINTA

Uudisrakennusten energiatehokkuusvaatimuksien tiukentuessa rakennuksista suunnitellaan yhä energiatehokkaampia kokonaisuuksia. Energiatehokkaampi rakentaminen tuo tullessaan haasteita niin suunnitteluun, kuin rakenteiden toteutukseenkin. Tiukentuneet määräykset vaikuttavat rakennukseen kokonaisvaltaisesti. Ulkovaipparakenteiden eristemäärää lisätään, jotta määräykset lämmöneristävyysvaatimuksien suhteen täyttyvät. Lisäksi rakennuksien tiiviyyteen on asetettu vaatimuksia. Energiatodistukseen vaikuttavat lämmöneristävyuden lisäksi lämmitysmuoto, käyttötarkoitus ja tiiviysluku.

Tiiviysmittaus ja lämpökuvaus ovat erittäin luotettava ja osaavissa käsissä tarkka tapa tutkia rakennetta. Tutkimusmuodoilla voidaan valvoa rakentamisen laatua tehokkaasti jo rakennusvaiheessa. Lämpökameralla voidaan havaita rakennuksen lämpötilasta ja kosteudesta aiheutuneita poikkeamia.

Tein opinnäytetyötä kolmen kuukauden ajan. Työ oli mielenkiintoinen ja tarkoituksieni mukaisesti sain syvennettyä tietämystäni aihealueesta. Työhön liittämäni mittauskohteet olivat laajoja ja haastavia kohteita tutkia. Aloitin työn suunnittelemalla aihealueet ja hahmottelemalla tekstile raamit. Tarkoituksena oli saattaa kokonaisvaltainen käsitys lämpökuvauksesta ja tiiviysmittauksesta laadunvarmistustoimenpiteenä. Työstä muodostui hieman odotettua laajempi kokonaisuus, mutta onnistuin mielestäni rajauksessa kohtuullisen hyvin. Olen opiskelujen aikana työskennellyt lämpökuvausten ja tiiviysmittausten parissa ja näin saanut osaamista aiheesta.

## LÄHTEET

Paloniitty, S. & Kauppinen, T. 2006. Rakennuksen LÄMPÖKUVAUS. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy

Hanna Aho & Minna Korpi, 2009. Ilmanpitävien liitosten toteutus asuinrakennuksissa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos

RATEKO, Lämpökuvaus, 2011, Rakennuksen lämpökuvaaja - henkilösertifiointiohjelma. Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus Rateko

RATEKO, Määräykset ja ohjeet, 2011, Rakennuksen lämpökuvaaja ja tiiviyn mittaaja -henkilösertifiointiohjelma. Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus Rateko

RATEKO, Tiiviysmittaus, 2011, Rakennuksen tiiviyn mittaaja - henkilösertifiointiohjelma. Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus Rateko

RT 80-10974, Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje, Rakennustietosäätiö RTS 2009

Ilmanvaihdon k-kerroin, Fläkt Woods. Luettu 13.3.2014

[http://www.flaktwoods.fi/184/0/3/aaf939c0-af71-4df4-9f84-b5513b9ed6f3/k-kerroin\\_s.6](http://www.flaktwoods.fi/184/0/3/aaf939c0-af71-4df4-9f84-b5513b9ed6f3/k-kerroin_s.6)

Sisäilman kosteusvauriot ja kosteuslisä, Sisäilmayhdistys. Luettu 18.3.2014

<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/ilmavirtaukset-rakennuksessa/>

Tapio Korkeamäki, HAMK, kuntoarviot,. Luettu 12.2.2014

<http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf>

Rakennuksen lämpökuvaaja sertifioidut henkilöt

[http://www.vttxpertservices.fi/files/services/exp/personal\\_certification/hlosertif\\_lampo\\_kuvaajat.pdf](http://www.vttxpertservices.fi/files/services/exp/personal_certification/hlosertif_lampo_kuvaajat.pdf)

## **LIITTEET**

Liite 1. Lämpökuvausraportti, talo 7

# LÄMPÖKUVAUS



## TALO 7 - Malliraportti

### Tutkija

*R. Haimilahti  
J. Paloniitty  
S. Paloniitty*

*PALONIITTY OY*



*Osoite  
Postitoimipaikka*

**SISÄLLYSLUETTELO**

1. YLEISTIEDOT .....	3
1.1 Kohde .....	3
1.2 Tutkimuksen tilaaja .....	3
1.3 Tutkimuksen tavoite .....	3
1.4 Tutkimuksen tekijä .....	3
1.5 Lyhyt kuvaus ongelmista .....	3
2. TUTKIMUKSET .....	3
2.1 Sisäilman olosuhteet .....	3-4
2.2 Rakenteiden lämpövuodot .....	4
3 KORJAUSEHDOTUKSET ja KUSTANNUKSET .....	5

**LIITTEET**

Liite 1	Lämpökuvat sisältä
Liite 2	Lämpökuvat ulkoa

## 1. YLEISTIEDOT

### 1.1 Kohde

Rakennusvuosi: 2012

Ilmanvaihto: Huoneistokohtaiset LTO-laitteet. Yleisissä tiloissa koneellinen poisto.

Lämmitysjärjestelmä: Kaukolämpö. Vesikiertoinen lattialämmitys.

### 1.2 Tutkimuksen tilaaja

*-tietoja ei haluta julkistaa-*

### 1.3 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ulkovaipan rakenteellinen toimivuus.

### 1.4 Tutkimuksen tekijä

RM, JP, SP

PALONIITTY OY

### 1.5 Lyhyt kuvaus ongelmista

Asukkaat ovat havainneet ovissa ja ikkunoissa lämpövuotoja. Yhtiön toisessa rakennuksessa on havaittu sisäilmaongelmia, ja päätettiin tutkia mm. lämpökuvausella rakennuksien ulkovaipan toimivuus. Tutkimusten tavoitteena oli selvittää todelliset lämpöviihtyvyysoongelmat sekä mahdollinen syy sisäilmaongelmiin.

## 2. TUTKIMUKSET

Ulkoilman olosuhteet mitattiin kohteessa sekä tarkistettiin Helsingin sääasemalta.

Ulkoilma, Lämpötila +1°C. Suhteellinen kosteus 90 %

Tuuli 8m/s

### 2.1 Sisäilman olosuhteet

Sisäilmaa tutkittiin kaikista huoneistoista. Seurattiin lämpötilaa, paine-eroa ja kosteutta. Paine-ero mitattiin kussakin huoneistossa kahdelta ilmansuunnalta mikäli se oli mahdollista sekä 2-kerroksisissa huoneistoissa molemmista kerroksista. Mittaustulokset ovat taulukossa 1.

Taulukko 1.

Tila	Lämpötila °C	Suht. kosteus RH %	Absoluut- tinen kosteus g/m <sup>3</sup>	Paine-ero [Pa] Lattianraja	Huom.
As 1	21,0	29	5,31	-20	
As 2	24,3	25	5,53	-13	
As 3	23,3	26	5,43	-10	
As 4	22,7	26	5,25	-15	
As 5	23,8	24	5,16	-10	
As 6	24,6	24	5,40	-28	
As 7	25,0	24	5,52	-15	
As 8	23,7	31	6,63	-10	
As 9	23,6	25	5,31	-14	
As 10	23,4	27	5,67	-12	
As 11	23,5	27	5,71	-14	
As 12	22,3	27	5,33	-15	
As 13	21,5	28	5,28	-17	
As 14	21,8	26	4,99	-7	
Saunaos.	19,3	38	6,31	-9	

## 2.2 Rakenteiden lämpövuodot

Eristeiden puuttuminen tai niiden puutteet sekä ilmavuodot haluttiin selvittää lämpökuvaamalla rakenteet sisäpuolelta normaalissa käyttötilanteessa. Lämpökuvat ovat esitetty Liitteessä 1 ja 2.

Tutkimus osoitti että ilmavuotoja on pääsääntöisesti ovien ja ikkunoiden tiivisteissä sekä karmien liitosten halkeamissa.

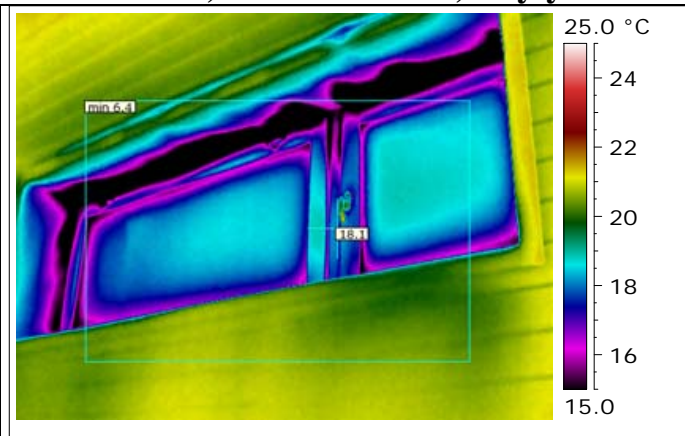
Pintalämpötilavaatimukset alittuvat ulko-ovien tiivistevuodoista aiheutuvista ilmavuodoista. Kylmistä lasipinnoista aiheutuu kylmää konvektiovirtausta lattiaan sekä säteilyvetoa.

Lisäksi huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden korvausilmakanavat kulkevat huoneiston yläpuolisessa välipohjassa ja viilentävät yläpuolisen asunnon lattiaa useamman asteen ympäröivään lattiapintaan verrattuna. Tämä vaikuttaa asumisviihtyvyyteen.

Lisäksi osassa huoneistoista havaittiin korkea alipaine. Iv-koneiden suodattimet olivat lähes kaikki hyvin pölyisiä ja myös asukkaat huomauttivat ajoittaisista sisäilman pölyisistä ajanjaksoista. Voimakas pölyisyys johtuu oletettavasti viereisellä tontilla olevan rakennustyömaan toiminnasta. Iv-koneiden suodattimia tulisi seurata ja puhdistaa säännöllisesti sekä osassa asunnoista myös tehdä säätöä voimakkaan alipaineen tasaamiseksi. Taulukko1.

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**Saunaosasto, Ullakkokerros, Löylyhuone**



Lämpökuva 1.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	18.1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	21.0 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	20.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	6.4 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	28	Kameratyyppi	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	90	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	38.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-9 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	20.0 °C

**Kommentit:**

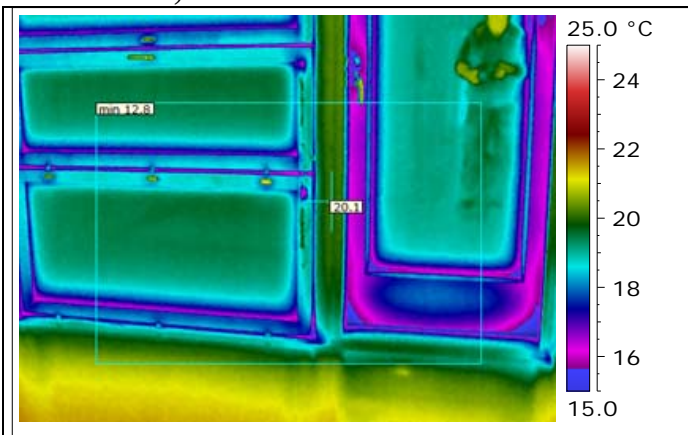
Ilmavuotoa saunan ikkunakarmin ja ikkunasmyykin välistä



As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

## Asunto 14, Olohuone



Lämpökuva 2.

## Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	20.1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	21.3 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	56	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	91	Kameran sarjanumero	55902107

## Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

## Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-7 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

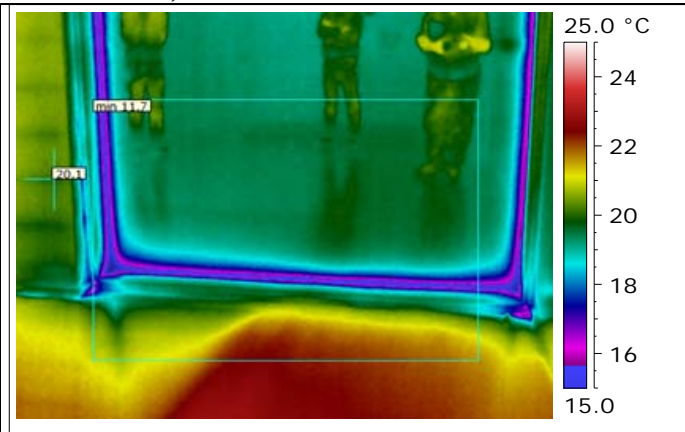
## Kommentit:

Normaali ovirakenne

As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

## Asunto 14, OH



Lämpökuva 3.

## Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	20.1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	51	Kameratyyppi	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	91	Kameran sarjanumero	55902107

## Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

## Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-7 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

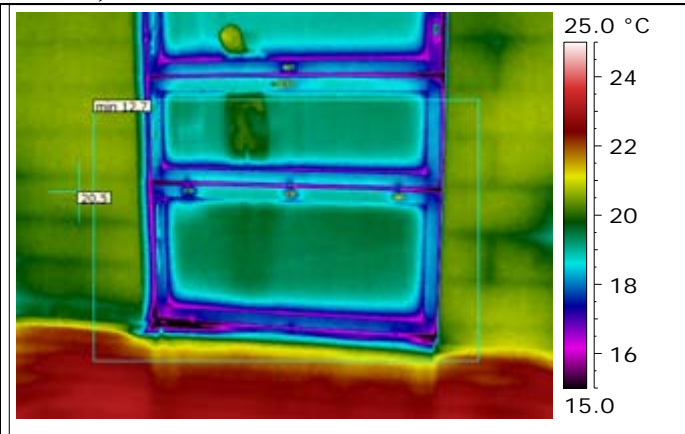
## Kommentit:

Normaali kiinteä ikkuna

As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

As 14, MH 419



Lämpökuva 4.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.8 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	56	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	93	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisuus	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

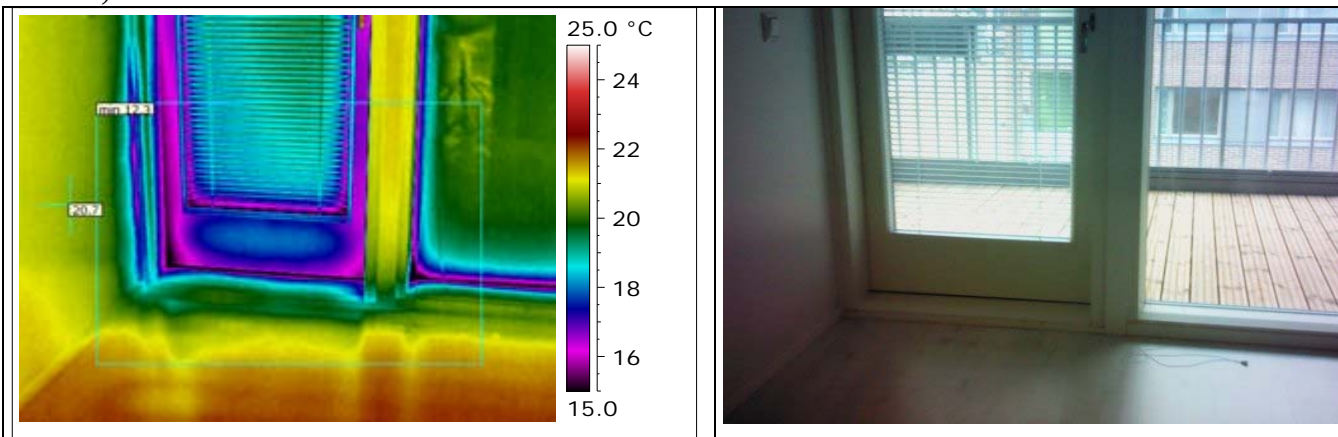
Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-7 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

Kommentit:

Ilmavuoto ikkunan tiivisteessä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 14, MH 418**



Lämpökuva 5.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.7 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	21.8 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	54	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	94	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

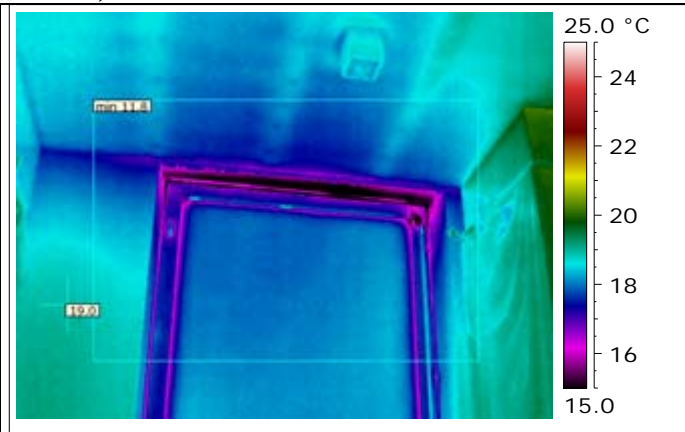
Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-7 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

**Kommentit:**

Lievä ilmavuoto oven alatiivisteessä

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 13, Keittiö**

Lämpökuva 6.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.0 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	19.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	51	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	86	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-17 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

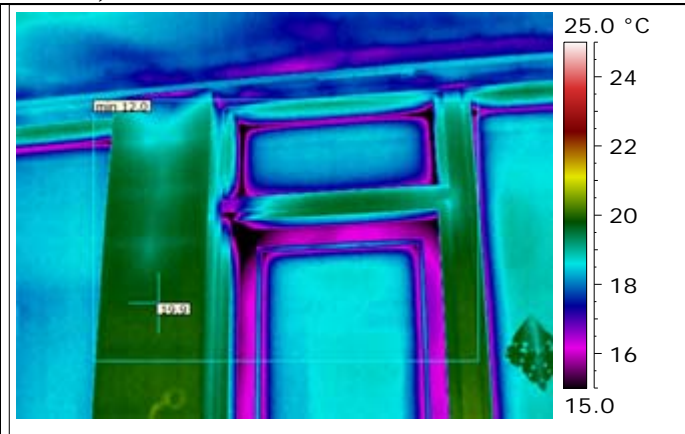
**Kommentit:**

Kylmäsilta ikkunan yläreunassa

As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

## As 13, OH



Lämpökuva 7.

## Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	19.9 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	20.1 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	52	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	90	Kameran sarjanumero	55902107

## Ulkoilman olosuhteet

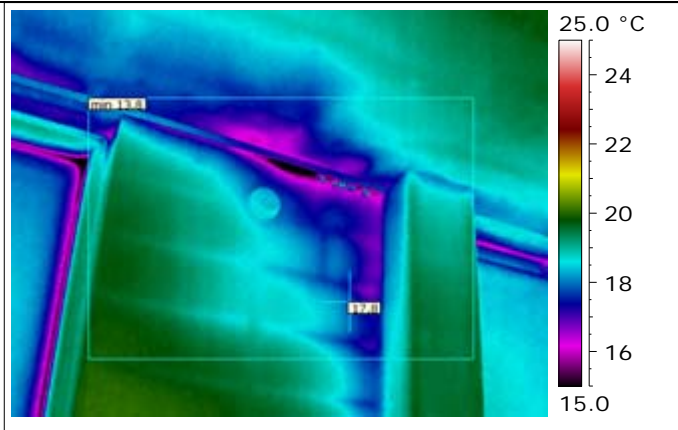
Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

## Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-17 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

## Kommentit:

Ilmavuoto oven ja yläikkunan välikarmissa

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 13, OH**

Lämpökuva 8.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	17.8 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	20.6 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	61	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	80	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

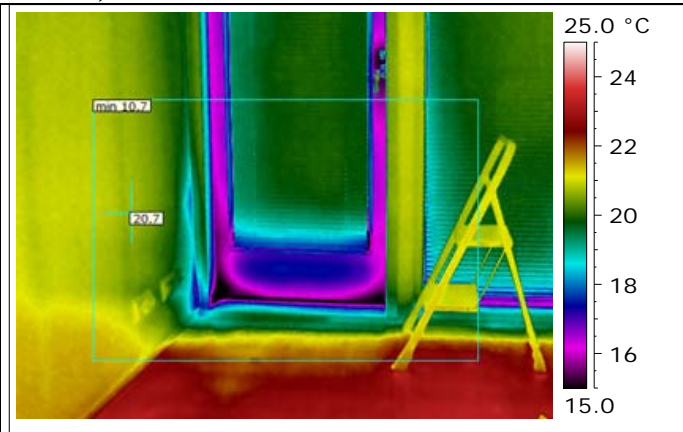
Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-17 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

Kommentit:

Kylmäsilta

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 13, MH 411**

Lämpökuva 9.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.7 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.9 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	10.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	46	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	94	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-17 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

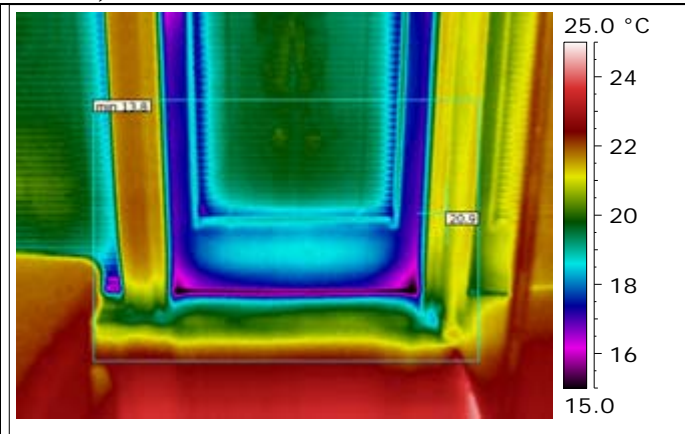
Kommentit:

Normaali ovirakenne



<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 12, MH 404**



Lämpökuva 10.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.9 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.9 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	61	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	95	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

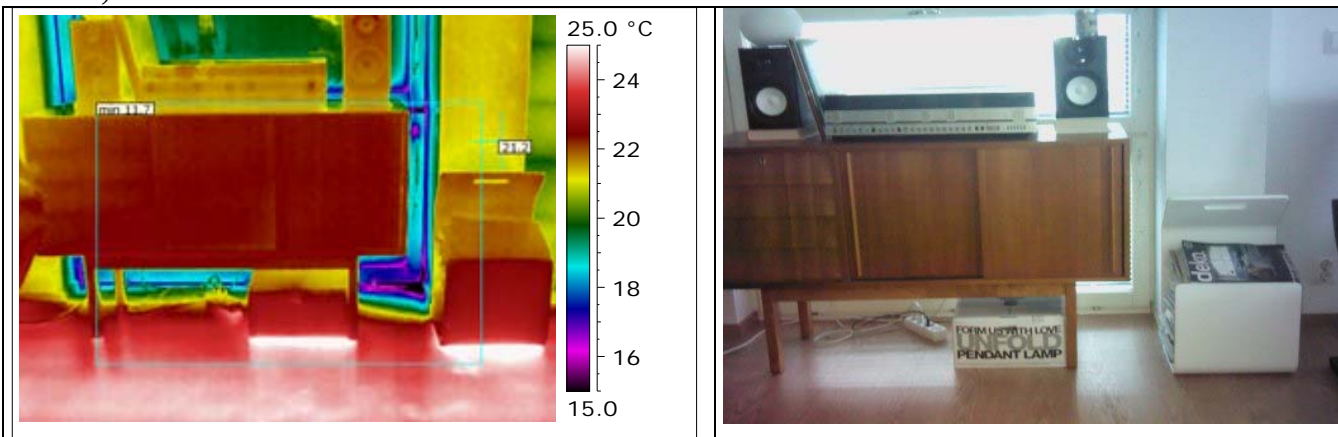
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-15 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

**Kommentit:**

Normaali ovirakenne

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 12, OH**



Lämpökuva 11.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	21.2 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	26.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	51	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	96	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

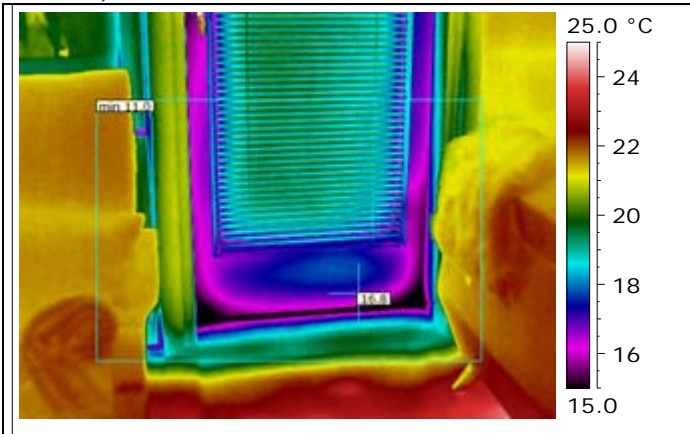
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-15 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

**Kommentit:**

Ilmavuoto ikkunan tiivisteessä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 12, OH**



Lämpökuva 12.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	16.8 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.3 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	47	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	75	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-15 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

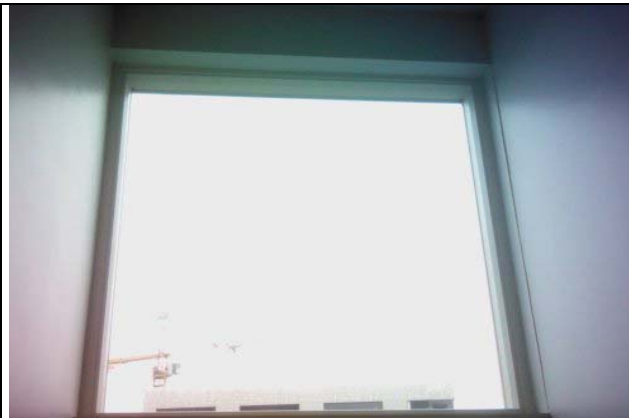
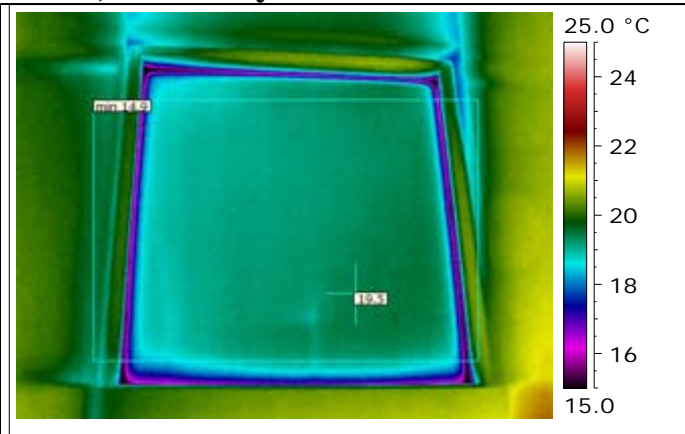
**Kommentit:**

Normaali ovirakenne

As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

## As 12, Keittiön yläosa



Lämpökuva 13.

## Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	19.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	20.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	14.9 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	66	Kameratyyppi	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	88	Kameran sarjanumero	55902107

## Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

## Sisäilman olosuhteet

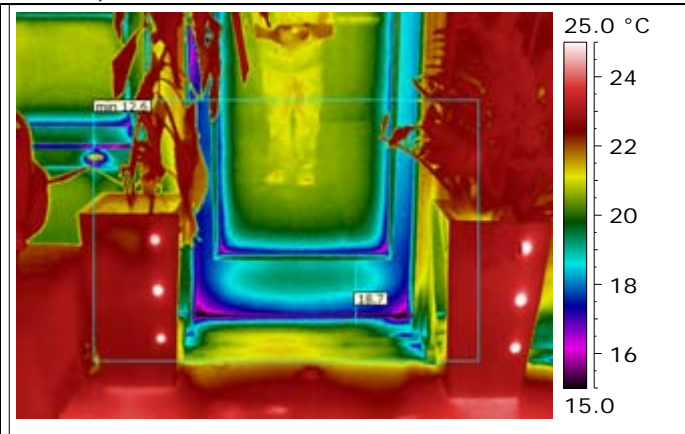
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-15 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22.0 °C

## Kommentit:

Tyypillinen kiinteäpuitteinen ikkuna. Sisäilma jäähtyy suurella lasipinnalla ja aiheuttaa kylmän ilmavirtauksen keittiön korkeasta yläosasta alaspäin olohuoneeseen.

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 11, OH**



Lämpökuva 14.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	18.7 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	26.7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.6 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	50	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	77	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

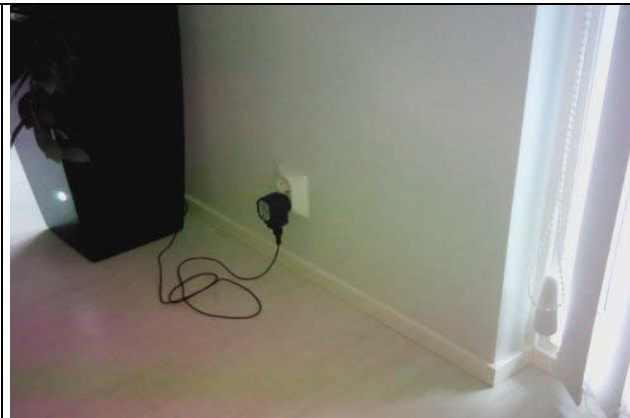
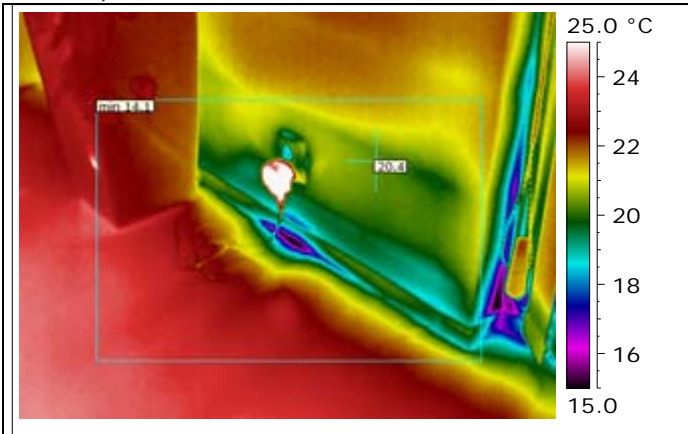
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-14 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Normaali ovirakenne

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 11, OH**



Lämpökuva 15.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.4 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	32.3 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	14.1 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	57	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	84	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

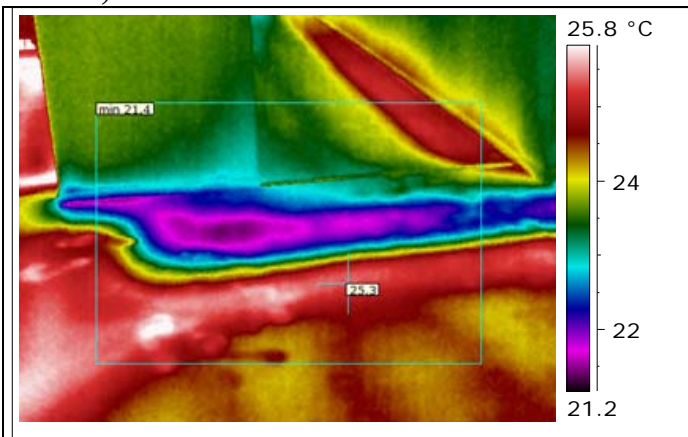
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-14Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Ilmavuoto lattian ja seinän rajapinnassa

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 11, OH / Ruok**



Lämpökuva 16.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	25.3 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	26.0 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	21.4 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

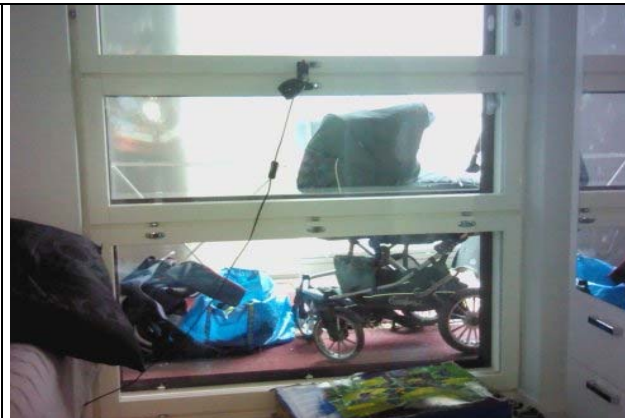
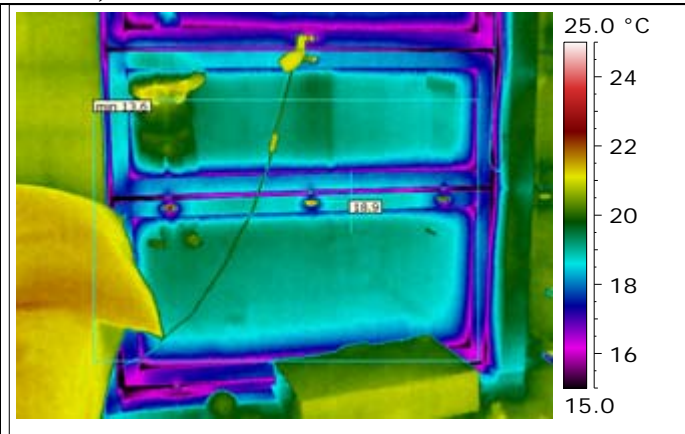
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-14 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Alemman asunnon raitisilmakanavan kohta

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 11, MH 318**



Lämpökuva 17.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	18.9 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.6 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.6 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	55	Kameratyyppi	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	78	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-14 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

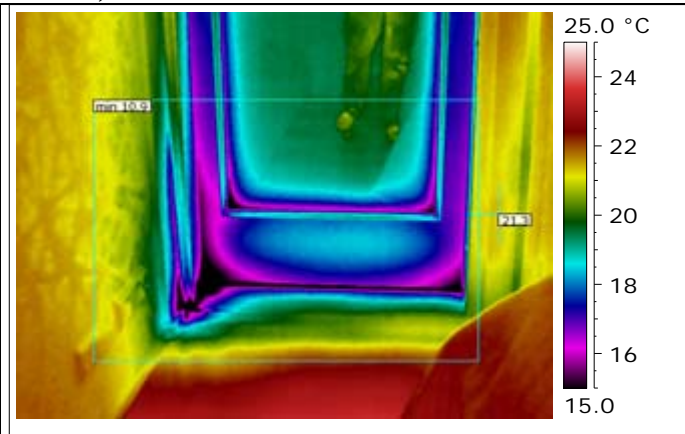
Lieviä ilmavuotoja ikkunatiivisteissä



As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

As 11, MH 319



Lämpökuva 18.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	21.3 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.6 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	10.9 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	43	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	88	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

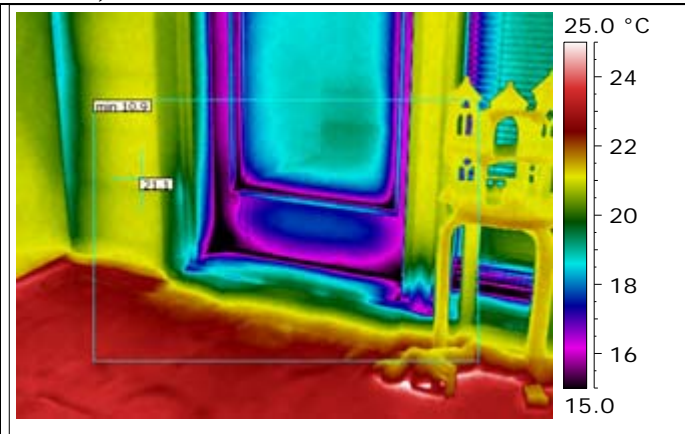
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-14 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

Kommentit:

Ilmavuoto oven tiivisteessä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 10, MH 311**



Lämpökuva 19.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	21.1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.3 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	10.9 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	45	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	91	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

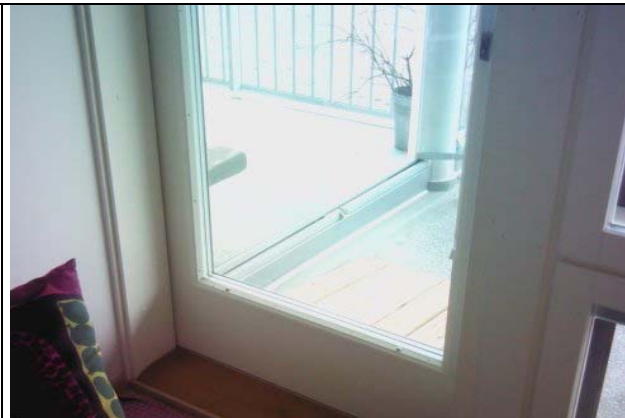
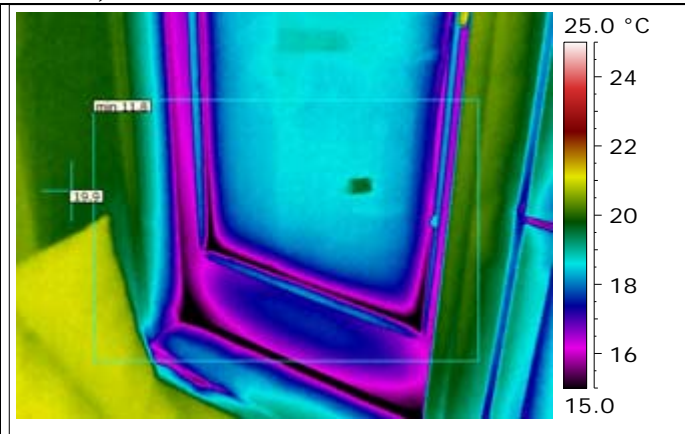
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-12 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

**Kommentit:**

Ilmavuoto oven tiivisteessä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 10, OH**



Lämpökuva 20.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.9 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	21.1 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	49	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	86	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

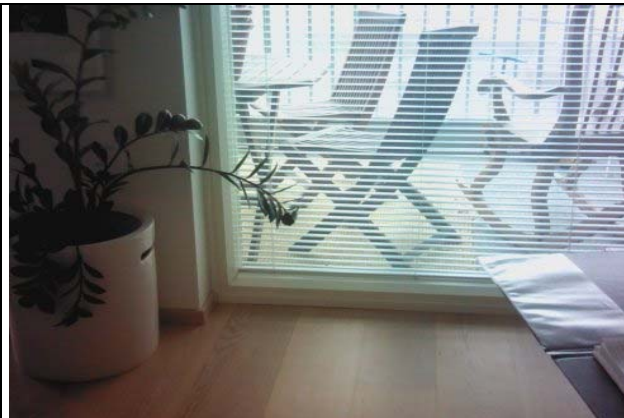
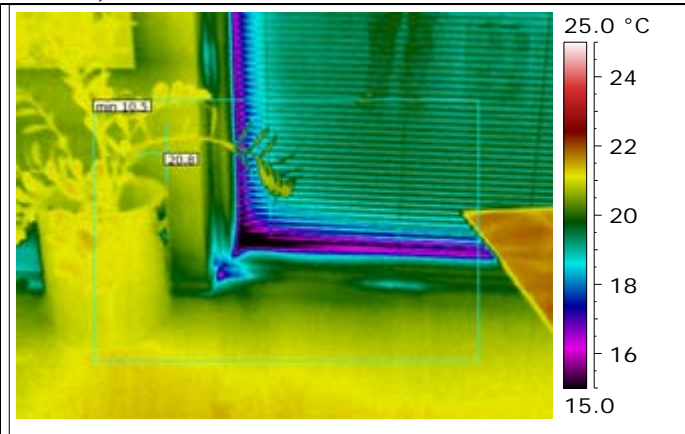
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-12 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

**Kommentit:**

Normaali ovirakenne

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 10, OH**



Lämpökuva 21.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.8 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	21.8 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	10.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	43	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	90	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

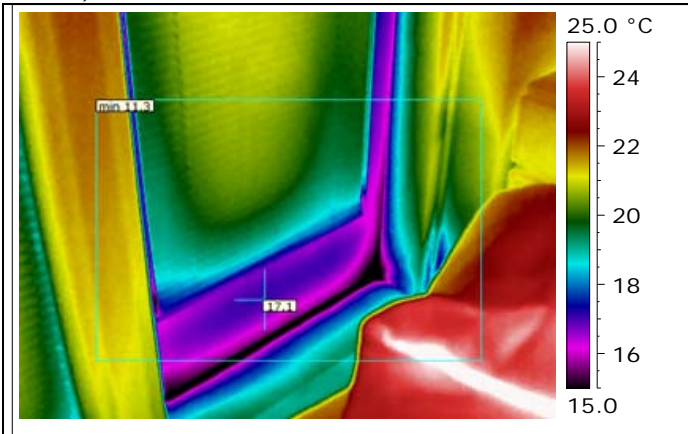
Sisäilman suhteellinen kosteus	27.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-12 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

**Kommentit:**

Lievä ilmavuoto ikkunan karmin jirissä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 9, MH 304**



Lämpökuva 22.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	17.1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	26.4 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	45	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	70	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

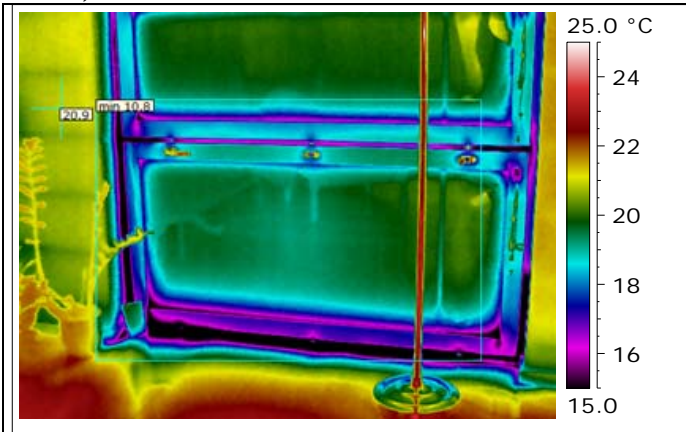
Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	25.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-14 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Ilmavuoto oven tiivisteessä

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 9, OH**

Lämpökuva 23.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.9 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.6 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	10.8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	43	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	87	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	25.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-14 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

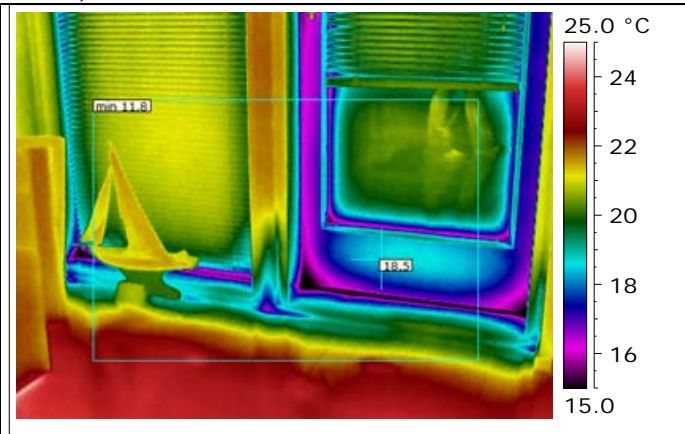
Kommentit:

Ilmavuotoa ikkunan tiivisteissä

**As Oy - , Talo 7**

**Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014**

**As 9, OH**



Lämpökuva 24.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	18.5 °C
Mittausalue maks. lämpötila	23.5 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.8 °C
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	47
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	76

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppe	FLIR T620
Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

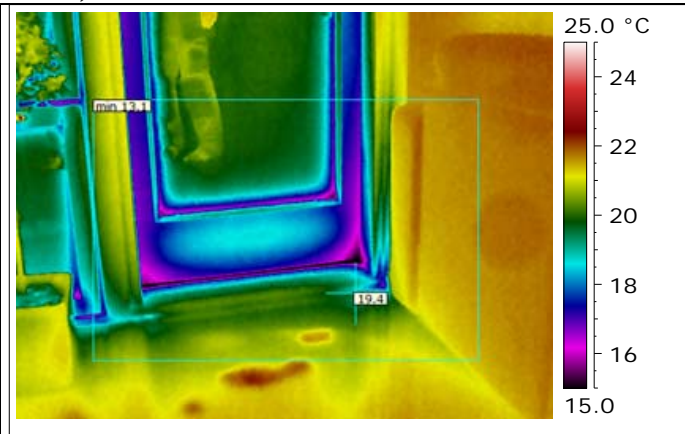
Sisäilman suhteellinen kosteus	25.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-14 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Lievä ilmapuoto oven tiivisteessä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 8, OH**



Lämpökuva 25.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.4 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.0 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.1 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	53	Kameratyyppi	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	80	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	31.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

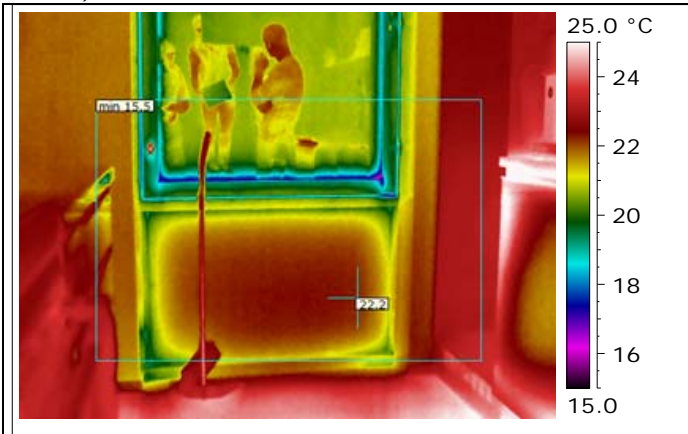
**Kommentit:**

Normaali ovirakenne



<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 8, Keittiö**



Lämpökuva 26.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	22.2 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	24.7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	15.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	63	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	92	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisuus	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

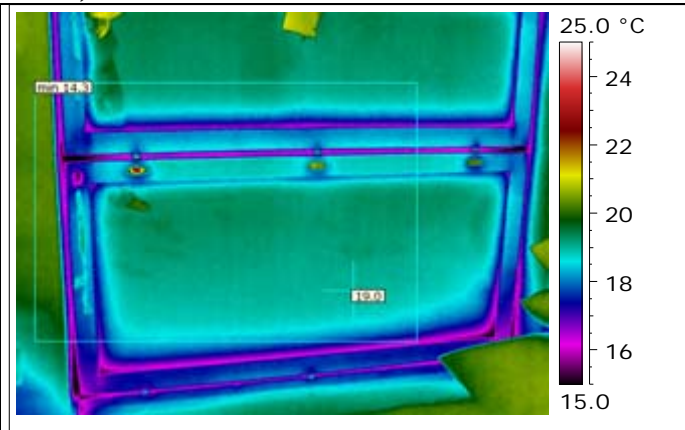
Sisäilman suhteellinen kosteus	31.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Ikkunan alaosan tyypillinen puuelementti. OK

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 8, MH 218**



Lämpökuva 27.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.0 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.9 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	14.3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	58	Kameratyyppi	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	78	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

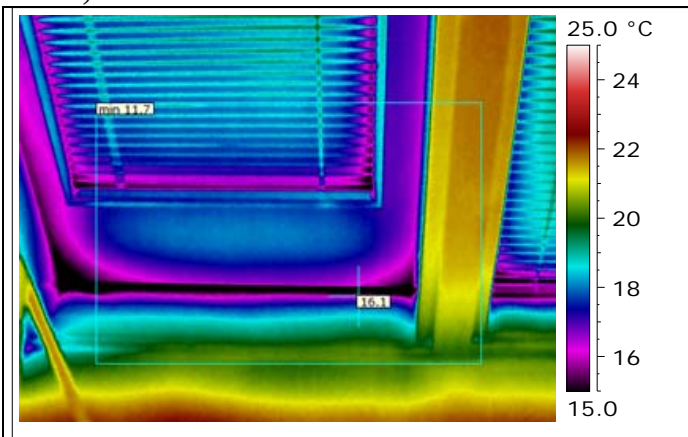
Sisäilman suhteellinen kosteus	31.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Normaali ikkuna

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 8, MH 219**



Lämpökuva 28.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	16.1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	21.8 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	47	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	66	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	31.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

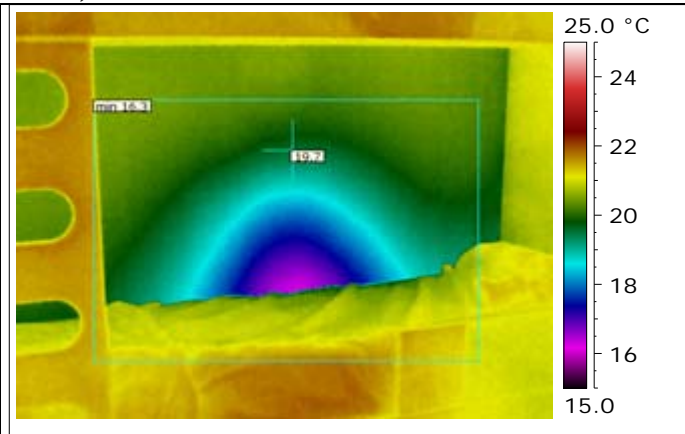
**Kommentit:**

Ilmavuoto oven tiivisteessä

As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

As 8, MH 218



Lämpökuva 29.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.7 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	21.8 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	16.3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	67	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	81	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	31.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

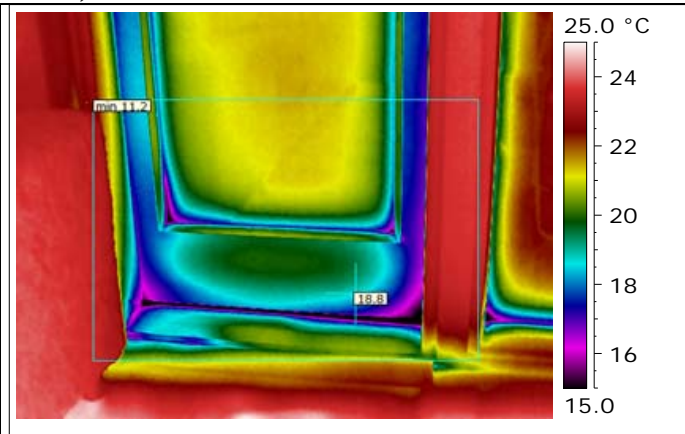
**Kommentit:**

Kylmä kohta keskellä seinää. Poikkeaman syy hyvä selvittää.

As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

## As 7, Keittiö/OH



Lämpökuva 30.

## Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	18.8 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.8 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	25.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.2 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	42	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	74	Kameran sarjanumero	55902107

## Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

## Sisäilman olosuhteet

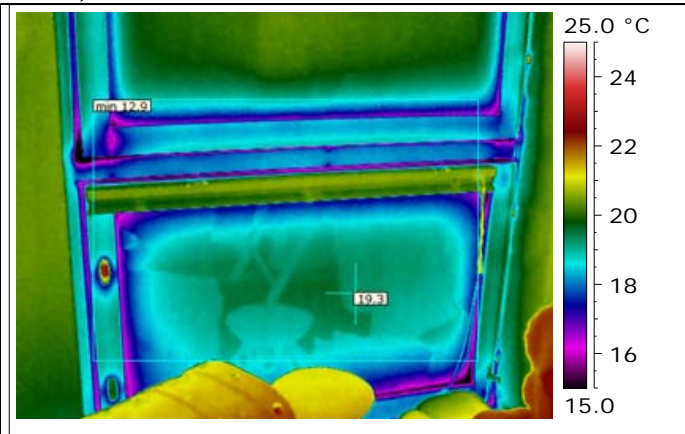
Sisäilman suhteellinen kosteus	24.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-15 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	25.0 °C

## Kommentit:

Ilmavuoto oven tiivisteessä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 6, MH 208**



Lämpökuva 31.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.3 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	24.0 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	25.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.9 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	50	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	76	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

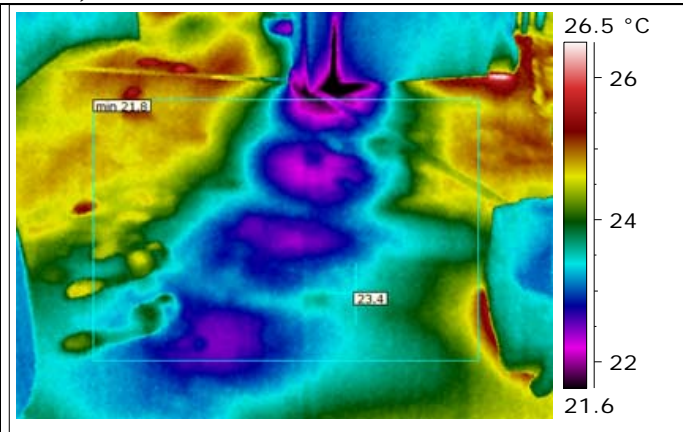
Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	24.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-28 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	25.0 °C

**Kommentit:**

Ilmavuoto ikkunan tiivisteessä

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 6, OH**

Lämpökuva 32.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	23.4 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	25.3 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	25.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	21.8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	87	Kameratyyppi	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	94	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

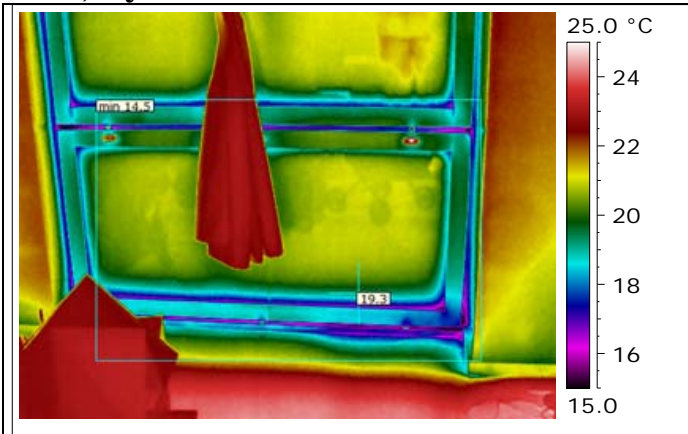
Sisäilman suhteellinen kosteus	24.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-28 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	25.0 °C

**Kommentit:**

Ovimuutoksen johdosta lattialämmitysputket eivät ole tasaisella jaolla nykyisen avoimen lattian kohdalla.

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 5, Työh 205b**



Lämpökuva 33.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.3 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	24.9 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	14.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	59	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	79	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	24.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

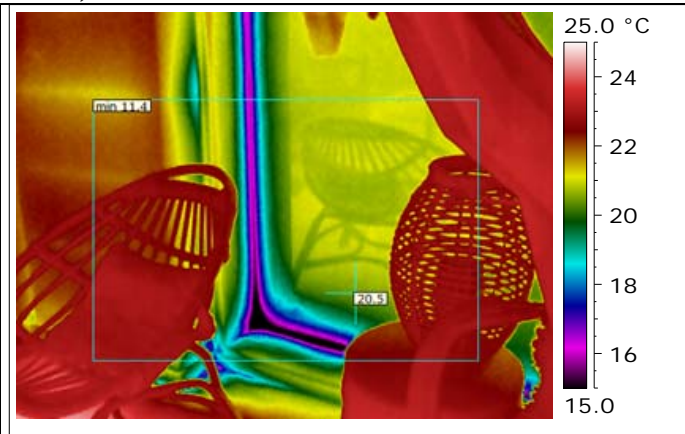
**Kommentit:**

Ilmavuoto ikkunan tiivisteessä



<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 5, OH**



Lämpökuva 34.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.4 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	45	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	85	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

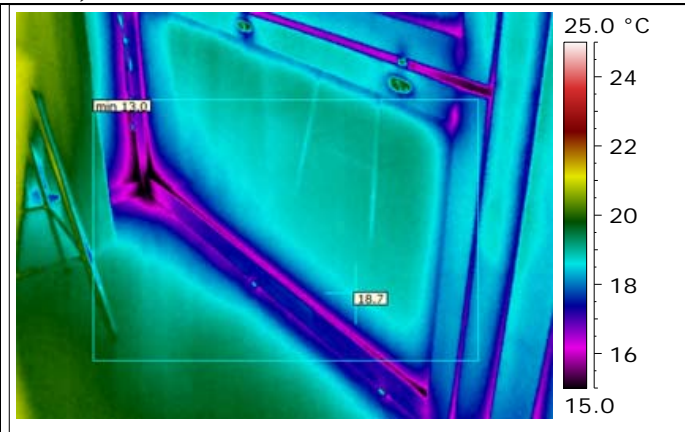
Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	24.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Tyypillinen kiinteä ikkuna

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 4, OH**

Lämpökuva 35.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	18.7 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	20.1 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	52	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	77	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

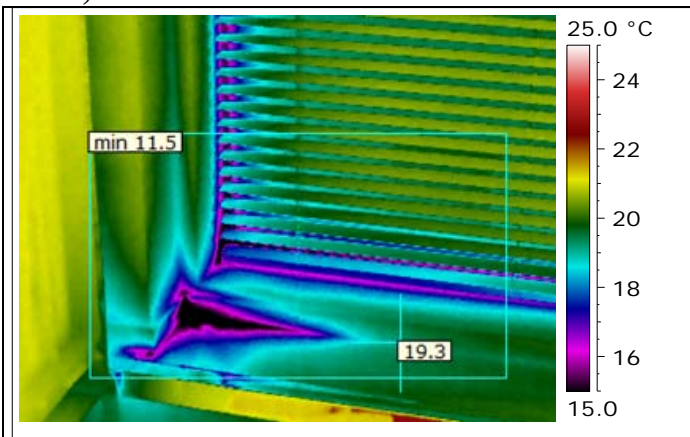
Sisäilman suhteellinen kosteus	24.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Lievä ilmavuoto ikkunan tiivisteessä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 4, OH/Keittiö**



Lämpökuva 36.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.3 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	20.8 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	48	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	83	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisuus	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

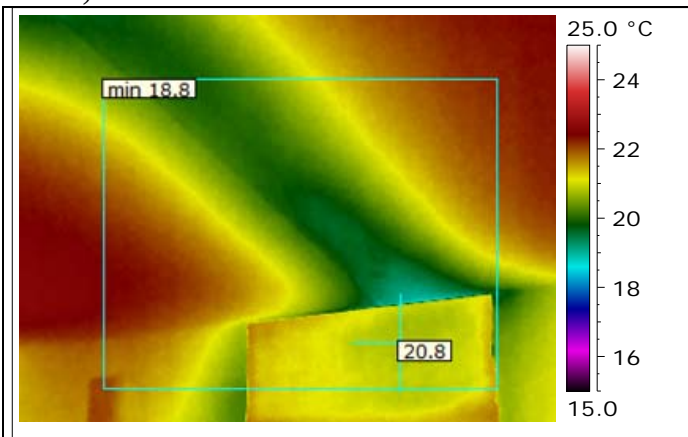
Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-15 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

**Kommentit:**

Ilmavuoto kiinteän ison ikkunan karmin ja seinärungon/lattian välissä.

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 4, OH**



Lämpökuva 37.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.8 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	18.8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	81	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	90	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

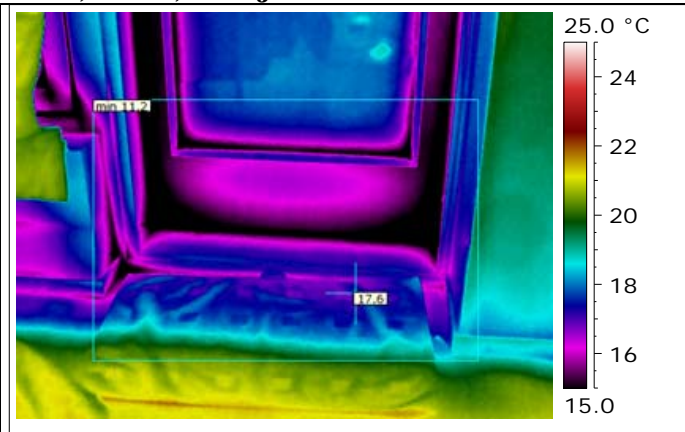
Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-15 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

**Kommentit:**

Rakennuksen tyypillinen raitisilmakanava välipohjassa.

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 4, Alak, Ateljee 007b**

Lämpökuva 38.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	17.6 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	20.7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.2 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	46	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	75	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-15 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

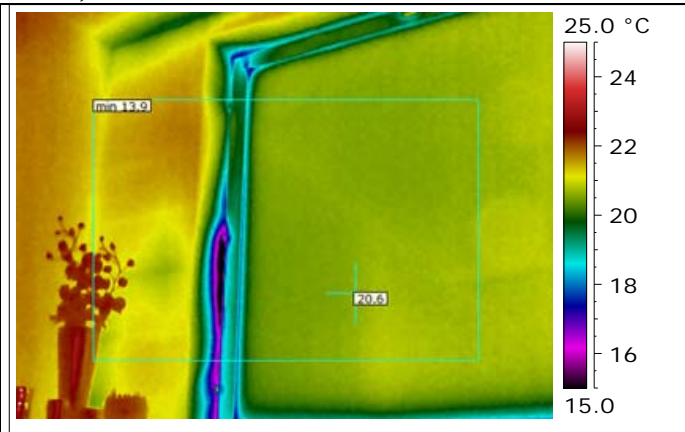
**Kommentit:**

Terassin ovi. Peittävä verho on ollut oven edessä ennen kuvausta.

As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

## As 3, H+K 113



Lämpökuva 39.

## Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	20.6 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.4 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.9 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	59	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	89	Kameran sarjanumero	55902107

## Ulkoilman olosuhteet

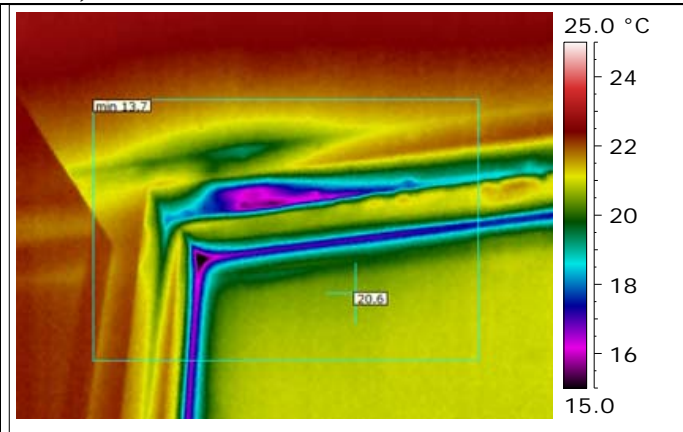
Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

## Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

## Kommentit:

Ilmavuoto ikkunan tiivisteessä.

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 3, H+K 113**

Lämpökuva 40.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	20.6 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	22.2 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	58	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	89	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	26.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-10 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

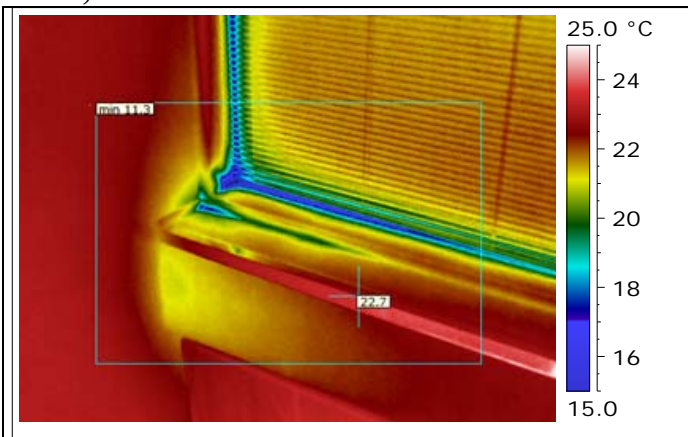
**Kommentit:**

Lievä ilmavuoto kiinteän ikkunan karmin ja seinärakenteen liitoskohdassa.

As Oy - , Talo 7

Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014

## As 2, OH / Keittiö



Lämpökuva 41.

## Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	22.7 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	24.3 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	11.3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	45	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	95	Kameran sarjanumero	55902107

## Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

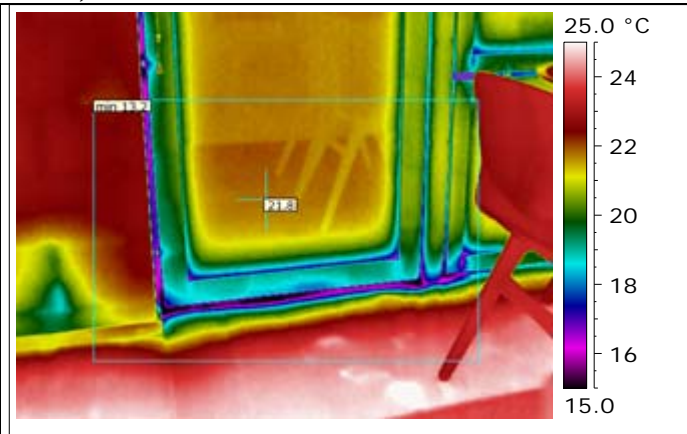
## Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	25.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-12 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

## Kommentit:

Lievä ilmavuoto kiinteään ikkunan karmin jirissä.



**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 2, OH**

Lämpökuva 42.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	21.8 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	24.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.2 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	53	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	91	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

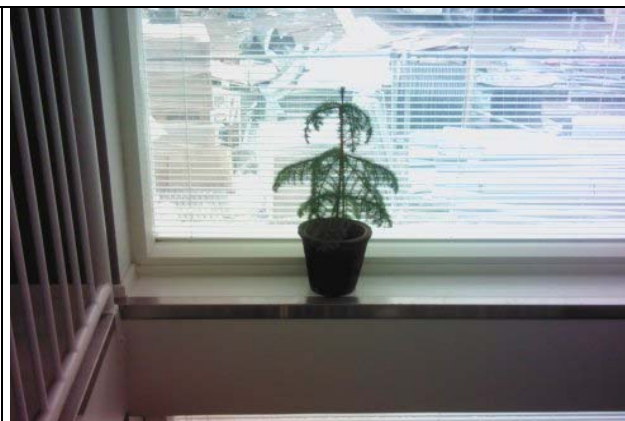
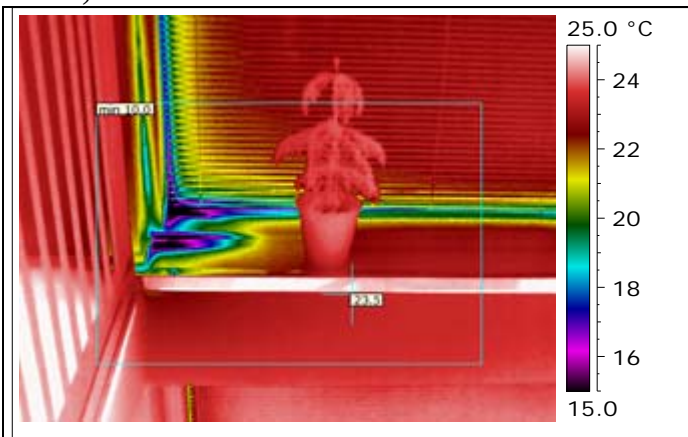
Sisäilman suhteellinen kosteus	25.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-12Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Ilmavuoto oven tiivisteessä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 2, OH/Porras**



Lämpökuva 43.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	23.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	25.7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	10.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	39	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	98	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

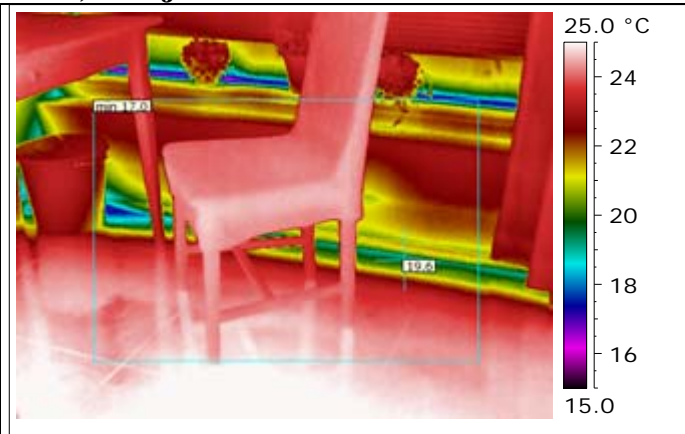
Sisäilman suhteellinen kosteus	25.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-12 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Ilmavuoto ikkunan karmin ja seinärakenteen rajapinnassa sekä karmin jirissä.

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 2, Ateljee 013a**



Lämpökuva 44.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.6 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	25.0 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	17.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	69	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	81	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

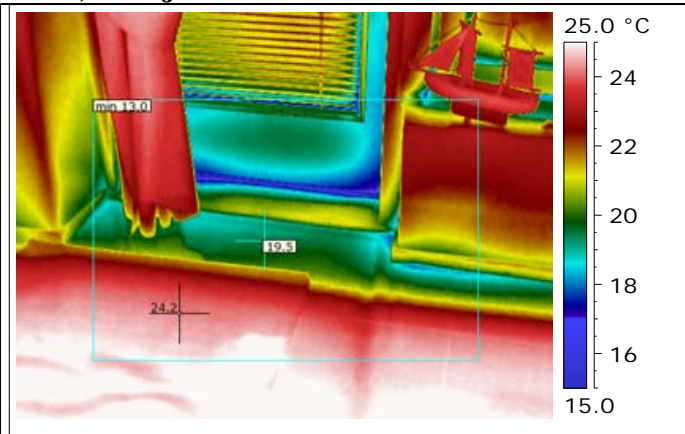
Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	25.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-12 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Kylmä kaistale lattian reuna-alueella ulkoseinän vierustalla. 1.lattialämmitysputki n. 30 cm seinästä.

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 2, Ateljee 013b**

Lämpökuva 45.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	19.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	25.6 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	52	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	80	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

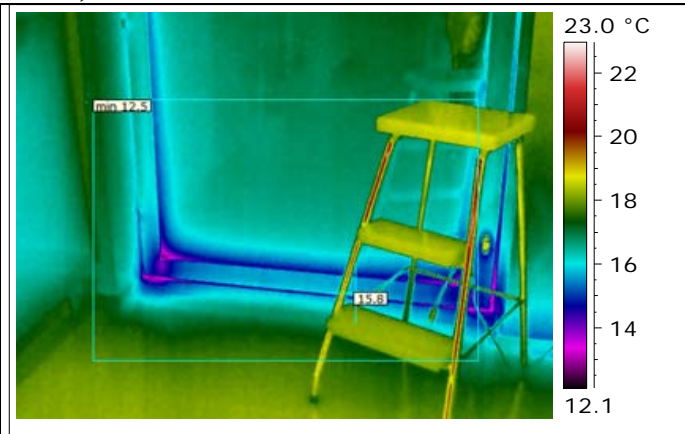
Sisäilman suhteellinen kosteus	25.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-12 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.0 °C

**Kommentit:**

Kylmä kaistale lattian reuna-alueella ulkoseinän vierustalla. 1.lattialämmitysputki n. 30 cm seinästä.

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 1, Keittiö**



Lämpökuva 46.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	15.8 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.3 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	21.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	58	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	74	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

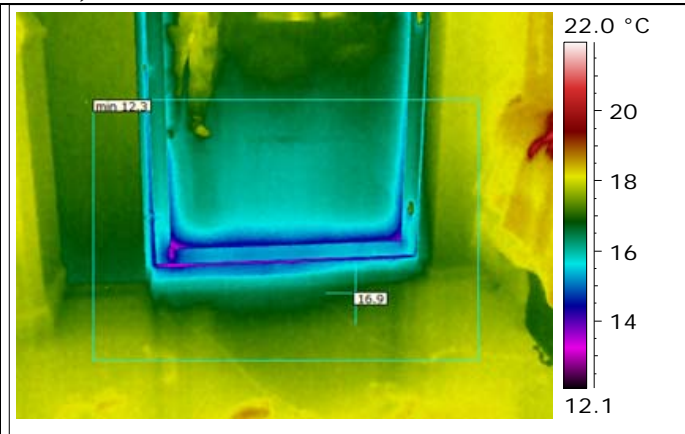
**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	29.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-20 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	21.0 °C

Kommentit:  
Normaali ikkuna

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 1, OH**



Lämpökuva 47.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	16.9 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	18.1 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	21.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	57	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	80	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

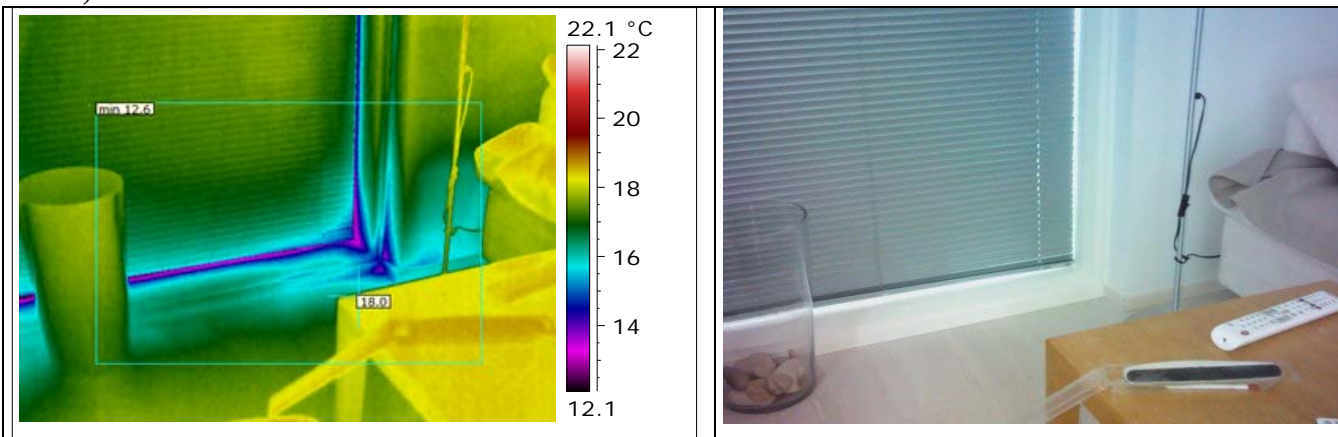
**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	29.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-20 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	21.0 °C

Kommentit:  
Normaali ikkuna

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 1, OH**



Lämpökuva 48.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	18.0 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	18.7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	21.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.6 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	58	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	85	Kameran sarjanumero	55902107

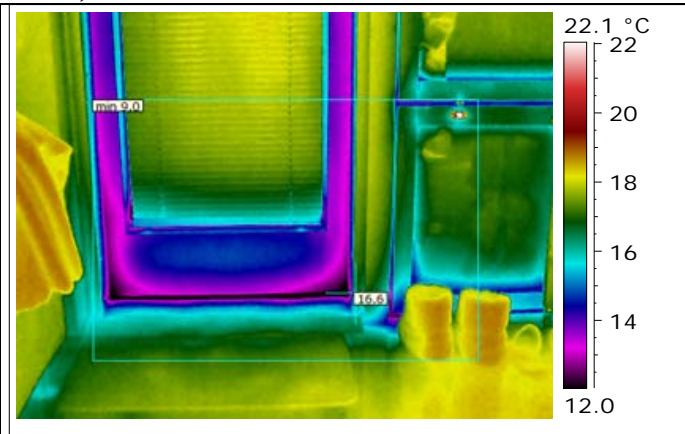
**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	29.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-20 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	21.0 °C

Kommentit:  
Normaali ikkuna

**As Oy - , Talo 7****Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014****As 1, OH**

Lämpökuva 49.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	16.6 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	25.6 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	21.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	9.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	40	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	78	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	29.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-20 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	21.0 °C

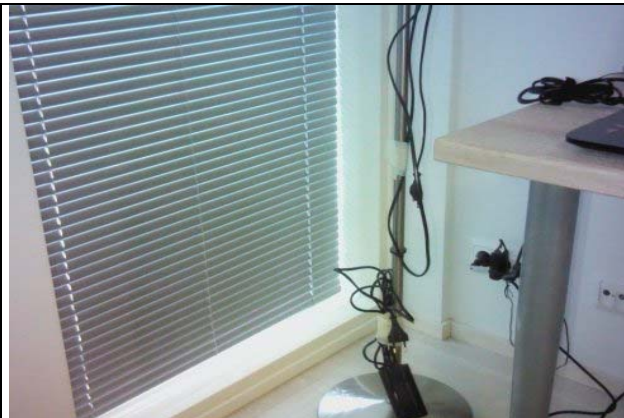
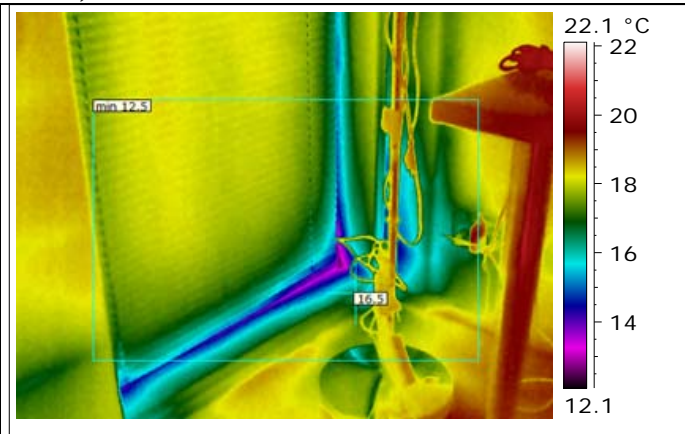
**Kommentit:**

Lievä ilmavuoto oven tiivisteessä



<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 1, OH**



Lämpökuva 50.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	16.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	19.6 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	21.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	57	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	77	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

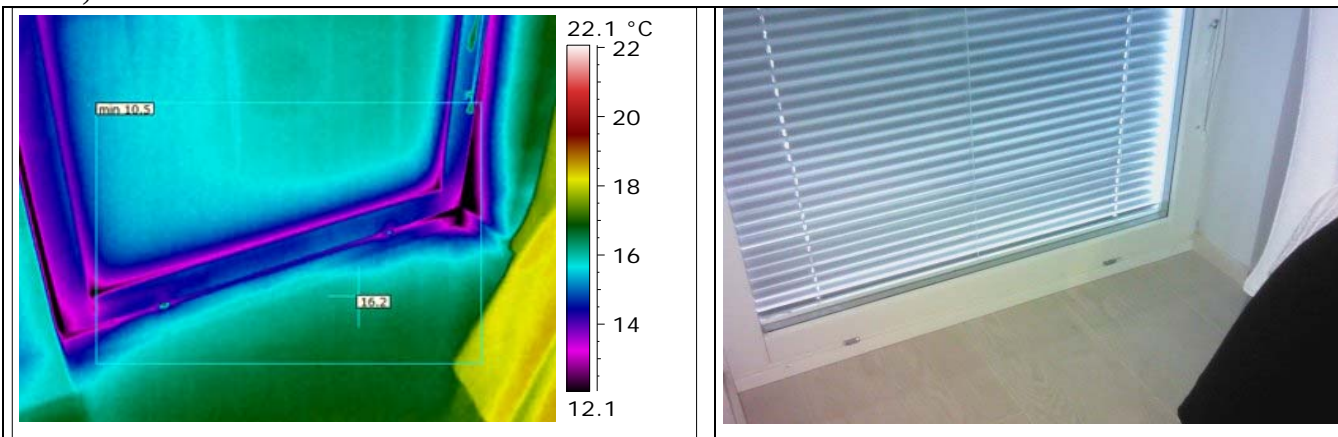
**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	29.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-20 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	21.0 °C

Kommentit:  
Normaali ikkuna

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 1, MH**



Lämpökuva 51.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	16.2 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	18.1 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	21.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	10.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	47	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	76	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

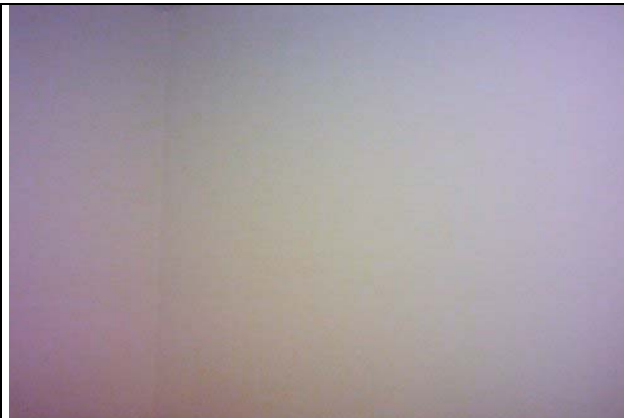
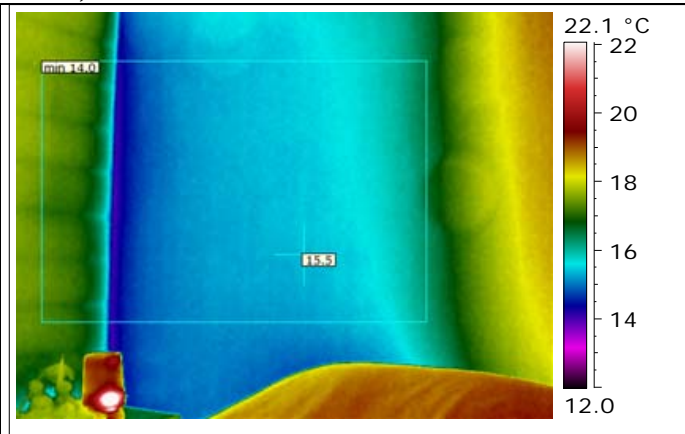
Sisäilman suhteellinen kosteus	29.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-20 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	21.0 °C

**Kommentit:**

Ilmavuoto ikkunan tiivisteessä

<b>As Oy - , Talo 7</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 7.3.2014</b>
-------------------------	-----------------------------------

**As 1, MH**



Lämpökuva 52.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	15.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	17.7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	21.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	14.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	65	Kameratyyppe	FLIR T620
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	72	Kameran sarjanumero	55902107

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus ja suunta	8 m/s Lounaistuulta
Pilvisyys	Pilvinen 8/8
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	1.00

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	29.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-20 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	21.0 °C

**Kommentit:**

Tuulikaapin vastainen seinä makuuhuoneessa

## Liite 2. Tiiviysmittausraportti, talo 7

# TIIVIYSMITTAUS

## Talo 7



TIIVIYSMITTAUSLUOKITUS		n <sub>50</sub> RakMr 2010	q <sub>50</sub> RakMr 2012
Alle 0,6	<b>A</b>	<b>0,5</b>	
0,7-1,0	<b>B</b>		
1,1-1,5	<b>C</b>		<b>1,4</b>
1,6-2,0	<b>D</b>		
2,1-3,0	<b>E</b>		
3,1-4,0	<b>F</b>		
Yli 4,1	<b>G</b>		

### Tutkija

Juho Paloniitty  
Sauli Paloniitty

PALONIITTY OY



YH TO



Tutkimuskohteena oli kerrostalo. Rakennuksessa oli yksi rappu, viisi maanpäällistä kerrosta, sekä yksi kellarikerros. Huoneistoja oli yhteensä 14, joista osa oli kahdessa tasossa. Rakennuksessa oli huoneistokohtainen ilmanvaihto. Yhteisien tilojen ilmanvaihto tapahtui katolta koneellisella poistolla. Rakennuksessa oli kaukolämpö, ja huoneistoissa vesikiertoinen lattialämmitys.

Tutkimuksen tavoitteena oli paikantaa mahdolliset ilmanvuotokohdat ja kuvata ne lämpökameralla. Vuotopaikkojen kuvaus suoritettiin 50 Pascalin alipaineessa ulkoilmaan nähden. Tavoitteena oli lisäksi selvittää ulkovaipan ilmapuotoluku. Ilmanvuotoluku  $n_{50}$  ilmoittaa rakennuksen kokonaistiiveyden 50 Pa paine-eroa vastaavassa tilanteessa tuntia kohden [1/h].

Tiiviysmittaus suoritettiin paine-eromenetelmällä standardin SFS EN 13829 mukaisesti menetelmää B käyttäen. Mittaus suoritettiin sekä ali- että ylipaineisena. Paine-ero saatiin aikaan erillisillä tiiviysmittauslaitteilla. Paine-eromittaukset ja ilmamäärämittaukset suoritettiin erillisillä kalibroiduilla mittalaitteilla.

Mittaustulokseksi saatiin rakennuksen ilmapuotoluvuksi  $n_{50}$  0,5 1/h.

Ilmanvuotoluvulla  $q_{50}$  kuvataan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissämmittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden ( $m^3/(h m^2)$ ). Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja;

Mittaustulokseksi saatiin rakennuksen ilmapuotoluvuksi  $q_{50}$  1,4  $m^3/(h m^2)$ .

Mittaustulosten kokonaisepätarkkuutena voidaan pitää 10 %.

## SISÄLLYSLUETTELO

1. YLEISTIEDOT .....	4
1.1 Kohde .....	4
1.2 Tutkimuksen tilaaja .....	4
1.3 Tutkimuksen tavoite .....	4
1.4 Tutkimuksen tekijä .....	4
1.5 Olosuhteet.....	4
2. TULOKSET.....	5
2.1 Mittauslaitteet .....	5
2.2 Tutkimuksen rajaus ja käytetyt menetelmät.....	5
2.3 Tutkimustulokset .....	8

### Liitteet:

Liite 1	Fan Testic -raportti
Liite 2	Ilmavuotokuvat

## 1. YLEISTIEDOT

### 1.1 Kohde

*-Kohdetietoja ei julkaista-*

### 1.2 Tutkimuksen tilaaja

*-Tilaajan tietoja ei julkaista-*

### 1.3 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rakennuksen vaipan ilmavuotoluku, sekä paikantaa ilmanvuotokohdat.

### 1.4 Tutkimuksen tekijä

PALONIITTY OY

Sauli Paloniitty

Juho Paloniitty

*-Osoite- ja yhteystiedot-*

### 1.5 Olosuhteet

Mittauksen aikana vallinneet olosuhteet olivat seuraavat:

Tuuli	8-11 m/s
Ulkoilma	1,2 C°
Sisäilma	20 C°
Paine	102460Pa



## **2. TULOKSET**

### **2.1 Mittauslaitteet**

Tutkimuksessa paine-ero luotiin tiiviysmittauslaitteistolla. Laitteiston tiedot ovat esitetty liitteessä [2].

### **2.2 Tutkimuksen rajaus ja käytetyt menetelmät**

Ilmavuotoluvun mittauksissa käytettiin tutkimusmenetelmänä standardissa SFS EN 13829 esitettyä mittaamenetelmää B (rakennuksen vaipan testaus). Rakennus mitattiin ns. porrashuonemittauksena, jossa kaikki asuntojen ilmanvaihtokoneet tulpattiin, ovet rappukäytävään jätettiin auki ja yhteisien tilojen poistoilmaventtiilit tulpattiin. Ulko-ovet ja ikkunat suljettiin mittauksen ajaksi.

Kohteen laajuustiedot laskettiin pohja- ja leikkauspiirustuksista. Rakennuksen tilavuudeksi saatiin 4350 m<sup>3</sup> ja vaipan alaksi 1700 m<sup>2</sup>.

Kuvasarja tulppauksista:



Esimerkkikuva ilmanvaihtokoneiden tulppauksesta. Huoneistoon menevät kanavat tulpattiin pallolla, ja kansi suljettiin.



Esimerkkikuva, poistoilmaventtiilin teippaus



Esimerkkikuva, poistoilmaventtiilin teippaus



Esimerkkikuva, kellaritilan raitisilmakanavan tulppaus

Venttiilien teippauksen lisäksi ulko-oven korvausilmäsäleikkö teipattiin sisäpuolelta.

## 2.3 Tutkimustulokset

Rakennuksen vaipan tiiviysluvuiksi  $n_{50}$  saatiin 0,5 1/h ja  $q_{50}$  -luvuksi  $1,4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ .  
Ilmavuodot koostuvat suurimmiksi osiksi ikkunoiden ja parvekeovien tiiviste- ja karmivuodoista. Elementtisaumoista ei havaittu merkittäviä vuotoja.  
Asunnoista havaitut ilmanvuotokohdat on esitetty liitteessä [3].

*Juho Paloniitty*

---

Tampere 12.3.2014 Juho Paloniitty

## ILMATIIVIYDEN TESTIRAPORTTI

Noudattaa standardia SFS-EN 13829

### Kohteen tiedot

Rakennuksen osoite: <i>-Tietoja ei julkaista-</i> Testaaja: <b>Juho Paloniitty</b> Yritys: <b>PALONIITTY OY</b> <a href="http://www.paloniitty.fi">www.paloniitty.fi</a>	Rakennuksen korkeus: <b>15 m</b> Rakennuksen tilavuus: <b>4 350 m<sup>3</sup></b> Vaipan kokonaispinta-ala: <b>1 700 m<sup>2</sup></b> Rakennuksen tuulialttius: Rakennuksen mittojen virhe: <b>5%</b>
---	--

**Laitteisto** - Puhallin: Retrotec 3000SR , SN: PH001754 - Painemittari: DM-2 , SN: 207956

**Tulos**

$$N_{50} = 0,5310 \text{ 1/h}$$
$$q_{50} = 1,359 \text{ m}^3/\text{hm}^2$$

Yhdistetyt tulokset	Arvo	Vaihteluväli		Epävarmuus
Ilmavirtaus 50 Pa, $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	2310	2195	2430	+/-5,0%
Ilmanvuotoluku $N_{50}$ [1/h]	0,5310	0,4935	0,5690	+/-7,1%
Ilmanvuotoluku $q_{50}$ [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,359	1,263	1,456	+/-7,0%

**Lisätiedot:**  
(add notes here)

## Depressurize ALIPAINE

Päiväys: 2014-03-07

Olosuhteet: Ilmanpaine: 102,5 KPa. Tuulen nopeus: 3: Gentle breeze

Lämpötilat: Alussa: sisällä 20 °C, ulkona 1 °C. Lopussa: sisällä 20 °C, ulkona 1 °C.

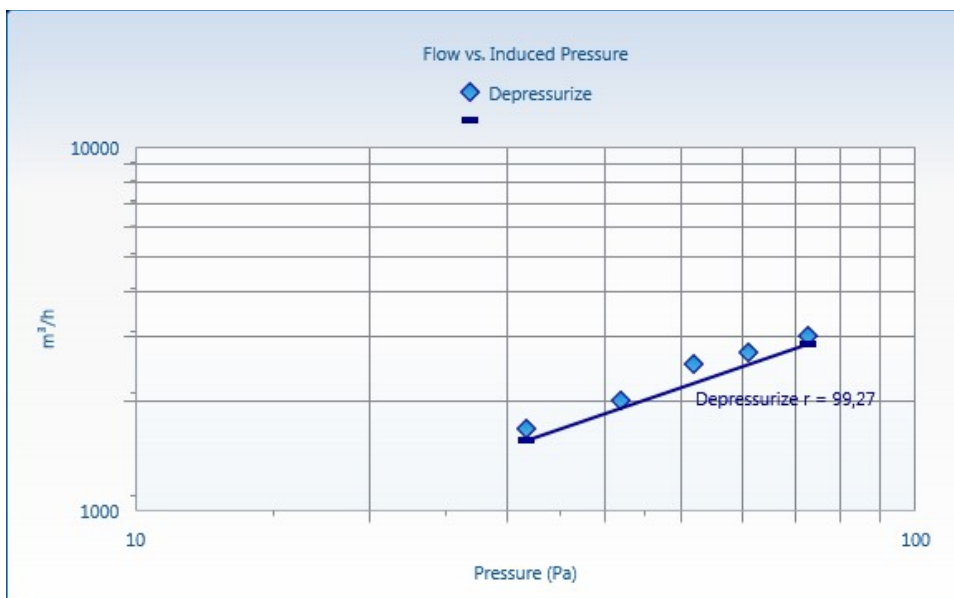
Vallitseva paine alussa [Pa]	1,21	-0,27	0,96	5,80	2,98						
Testipaine [Pa]	-29,5	-39,7	-49,6	-58,7	-70,4						
Vallitseva paine lopussa [Pa]	0,64	2,12	4,95	4,22	-0,24						
Puhallinpaine [Pa]	32,1	45,6	72,2	85,3	103,5						
Virtaus, $V_r$ [ $m^3/h$ ]	1683,8	2006,2	2523,1	2739,5	3023,0						
Korjattu virtaus, $V_{env}$ [ $m^3/h$ ]	1565	1864	2344	2546	2809						
Virhe [%]	0,0%	-2,8%	4,5%	0,8%	-2,2%						

Vallitsevan paineen keskiarvot: alussa [Pa]  $\Delta P_{01}$  2,14,  $\Delta P_{01-}$  -0,27,  $\Delta P_{01+}$  2,74, lopussa [Pa]  $\Delta P_{01}$  2,34,  $\Delta P_{01-}$  -0,24,  $\Delta P_{01+}$  2,98

## Depressurize Mittaustulosten koonti

	tulokset	95% varmuus		epävarmuus
Ilmavirtaus 50 Pa, $V_{50}$ [ $m^3/h$ ]	2230	2130	2340	+/-4,7%
Ilmanvuotoluku 50 Pa, $n_{50}$ [1/h]	0,5130	0,4775	0,5480	+/-6,9%
Ilmanvuotoluku 50 Pa, $q_{50}$ [ $m^3/h.m^2$ ]	1,313	1,222	1,403	+/-6,9%
Ominaisvuoto 50 Pa, $w_{50}$ [ $m^3/h.m^2$ ]				+/-6,9%

## Mitattu paine ja virtaus / Ilmavuotokäyrä



## Pressurize mittaustapa

Päiväys: **2014-03-07** mittaus alkoi: **15:16** mittaus loppui: **15:21**

Ilmasto-olosuhteet: Barometrinen paine: **102,5** KPa lähde: **Direct measurement**. Tuulen nopeus: **3: Gentle breeze**

Lämpötilat: Alussa: sisällä **20 °C** ulkona **1 °C**. Lopussa: sisällä **20 °C** ulkona **1 °C**.

Testidata: 5 vallitsevaa painetta mitattuna 5 sekuntia, 5 mittauspainetta mitattuna 10 sekuntia.

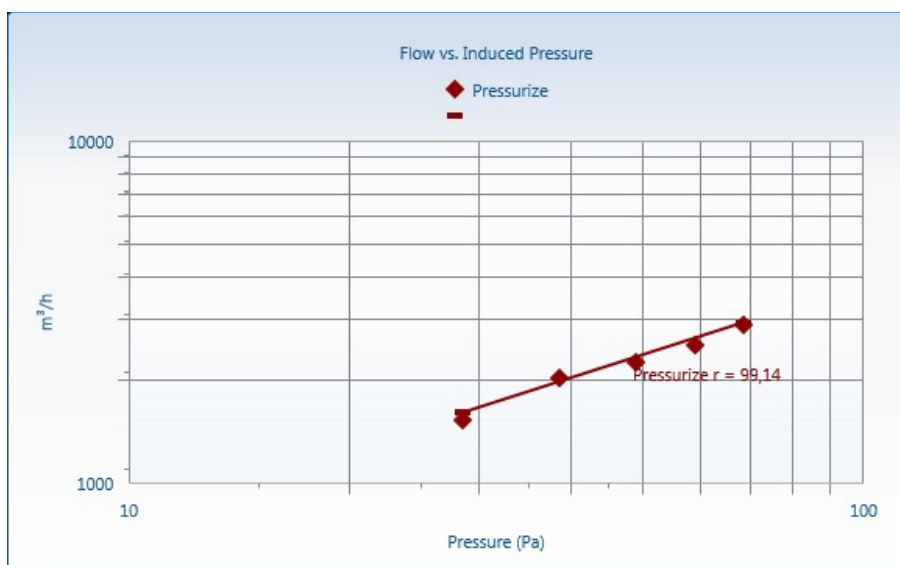
Vallitseva paine alussa [Pa]	2,57	0,97	1,67	0,32	3,38							
Testipaine[Pa]	29,8	39,8	50,3	60,3	69,8							
Vallitseva paine lopussa[Pa]	0,39	1,65	-0,48	2,08	0,58							
Puhallinpainetta[Pa]	26,9	47,1	57,8	73,1	95,8							
Virtaus, V, [m <sup>3</sup> /h]	1534,2	2035,9	2256,3	2538,7	2906,3							
Korjattu virtaus, V <sub>env</sub> m <sup>3</sup> /h]	1576	2092	2318	2608	2986							
Virhe [%]	-2,5%	5,3%	-1,3%	-2,3%	0,9%							

Vallitsevan paineen keskiarvot: alussa [Pa]  $\Delta P_{01}$  **1,78**,  $\Delta P_{01-}$  **0,00**,  $\Delta P_{01+}$  **1,78** ,lopussa [Pa]  $\Delta P_{01}$  **0,85**,  $\Delta P_{01-}$  **-0,48**,  $\Delta P_{01+}$  **1,18**

## Pressurize tulokset

	tulokset	95% varmuus		epävarmuus
Ilmavirtaus 50 Pa, V <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h]	<b>2390</b>	<b>2265</b>	<b>2520</b>	<b>+/-5,4%</b>
Ilmanvuotoluku 50 Pa, n <sub>50</sub> [1/h]	<b>0,5495</b>	<b>0,5095</b>	<b>0,5900</b>	<b>+/-7,3%</b>
Ilmanvuotoluku 50 Pa, q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> ]	<b>1,406</b>	<b>1,303</b>	<b>1,509</b>	<b>+/-7,3%</b>
Ominaisvuoto 50 Pa, w <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> ]				<b>+/-7,3%</b>

## Mitattu paine ja virtaus



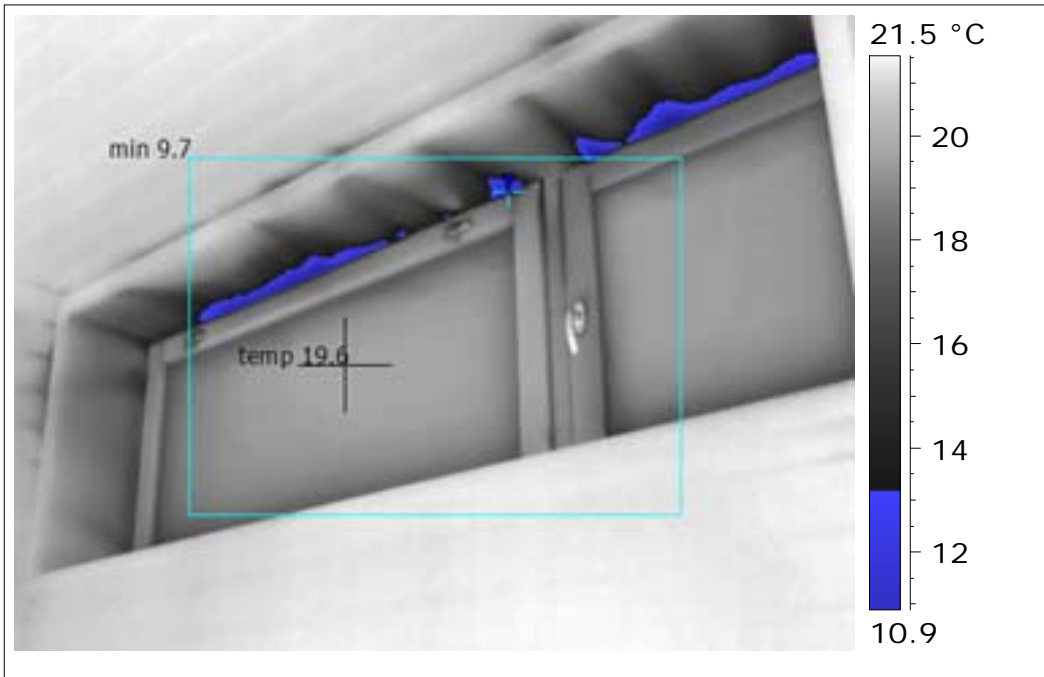
050-919xxxx

Juho Paloniitty





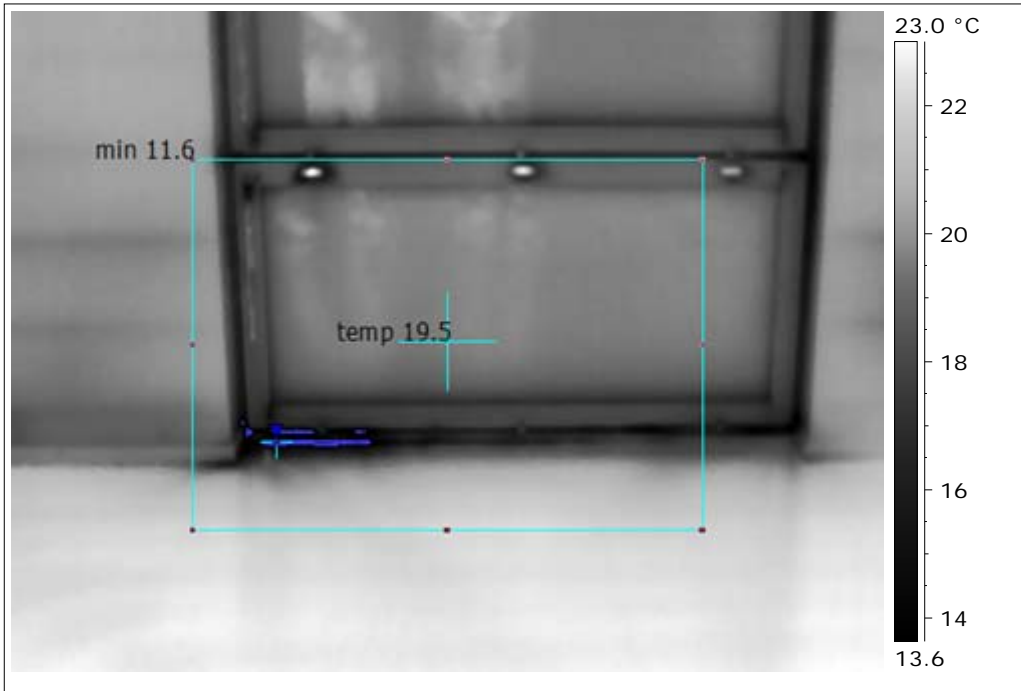
SAUNAOSASTO



Saunan ikkunassa viivamainen tiivistevuoto



ASUNTO 14

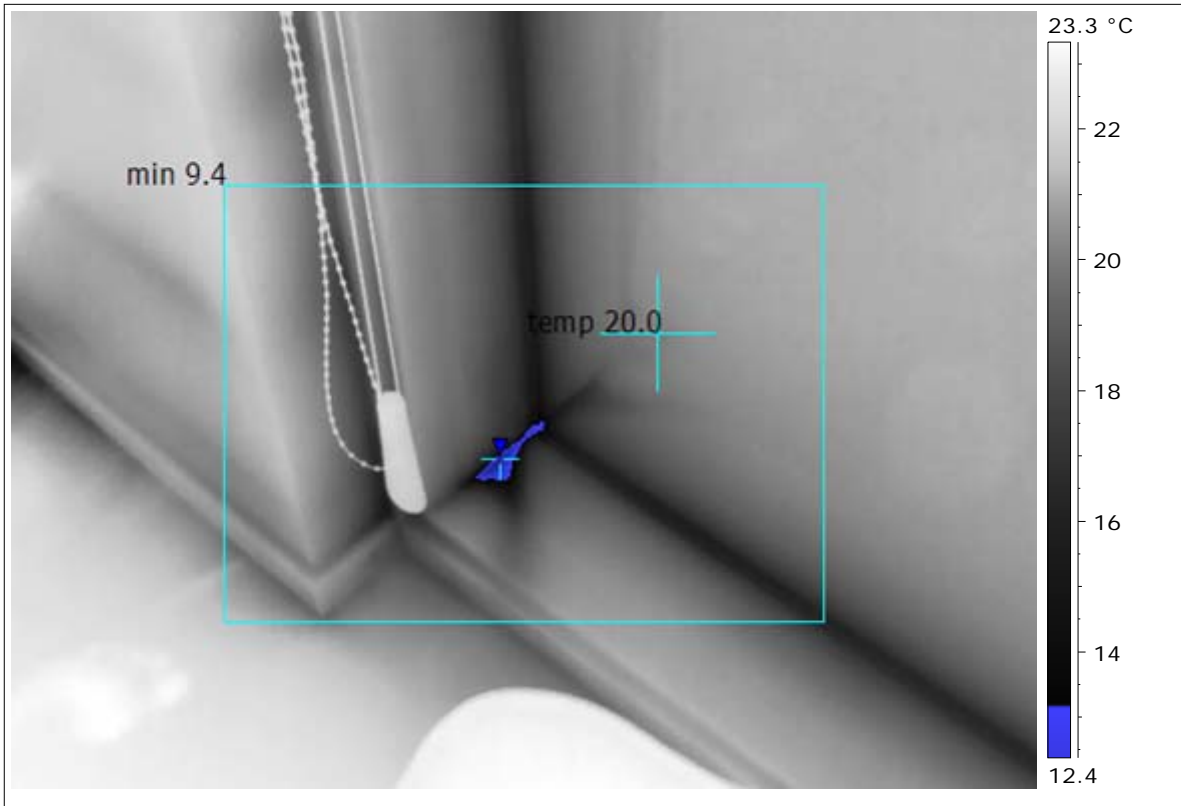


Ikkuna, lievä ilmavuoto karmin ja lattian välistä

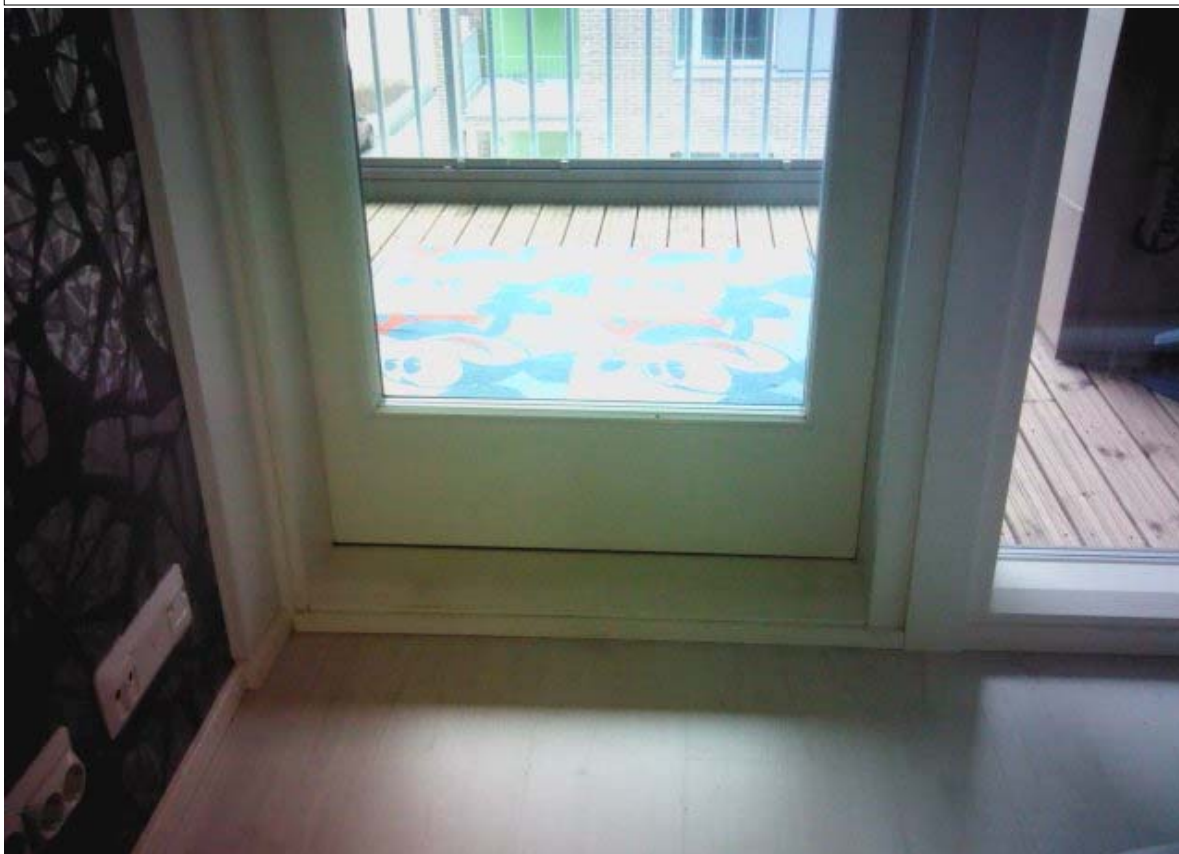
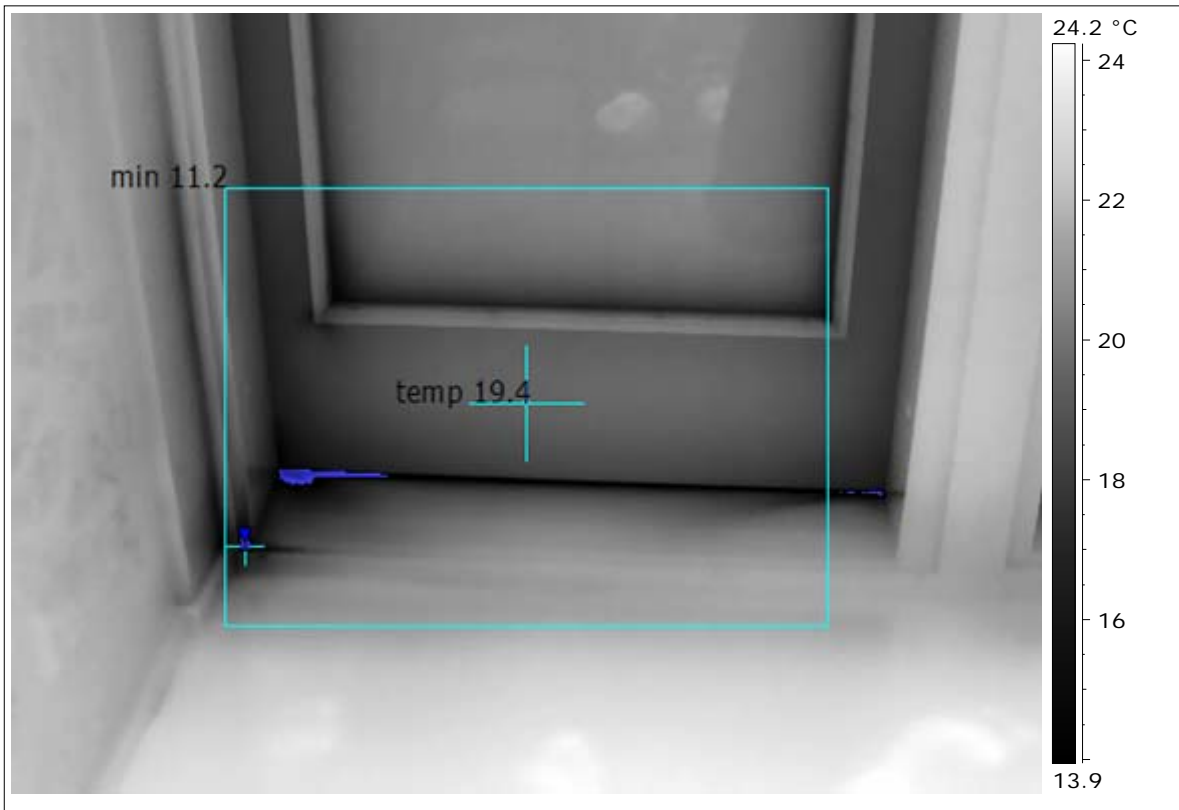
**ASUNTO 13                    EI MERKITTÄVIÄ ILMAVUOTOJA**

**ASUNTO 12                    EI MERKITTÄVIÄ ILMAVUOTOJA**

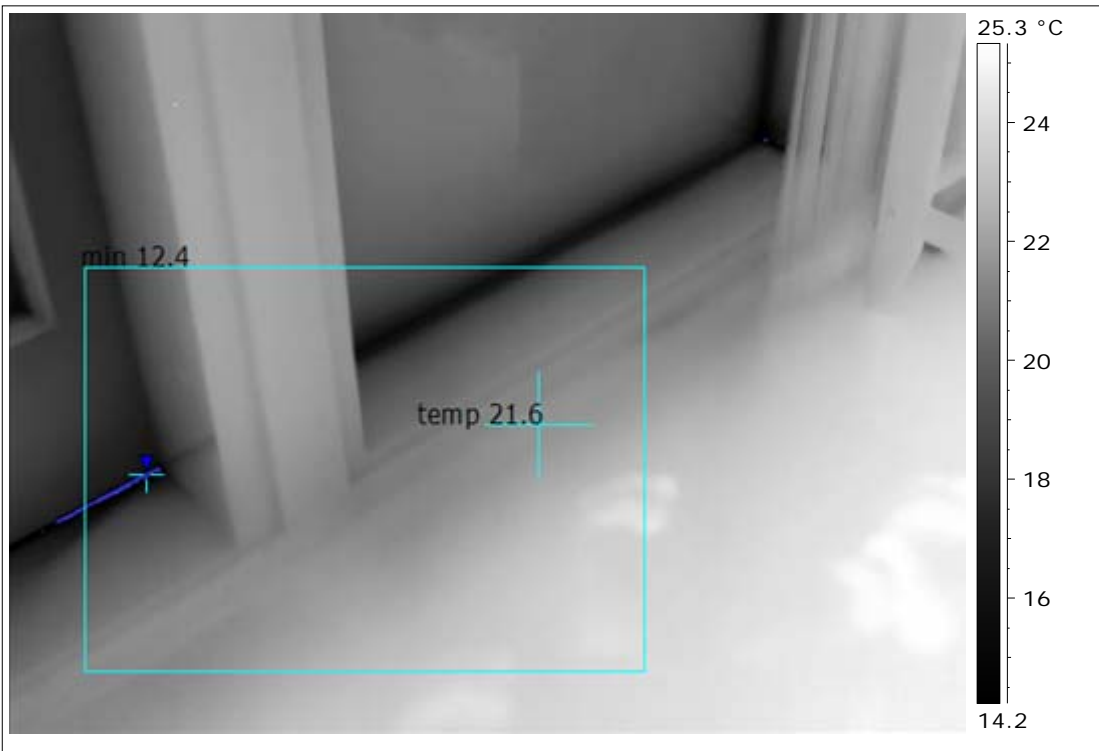
ASUNTO 11



Kiinteä ikkuna, lievä karmivuoto

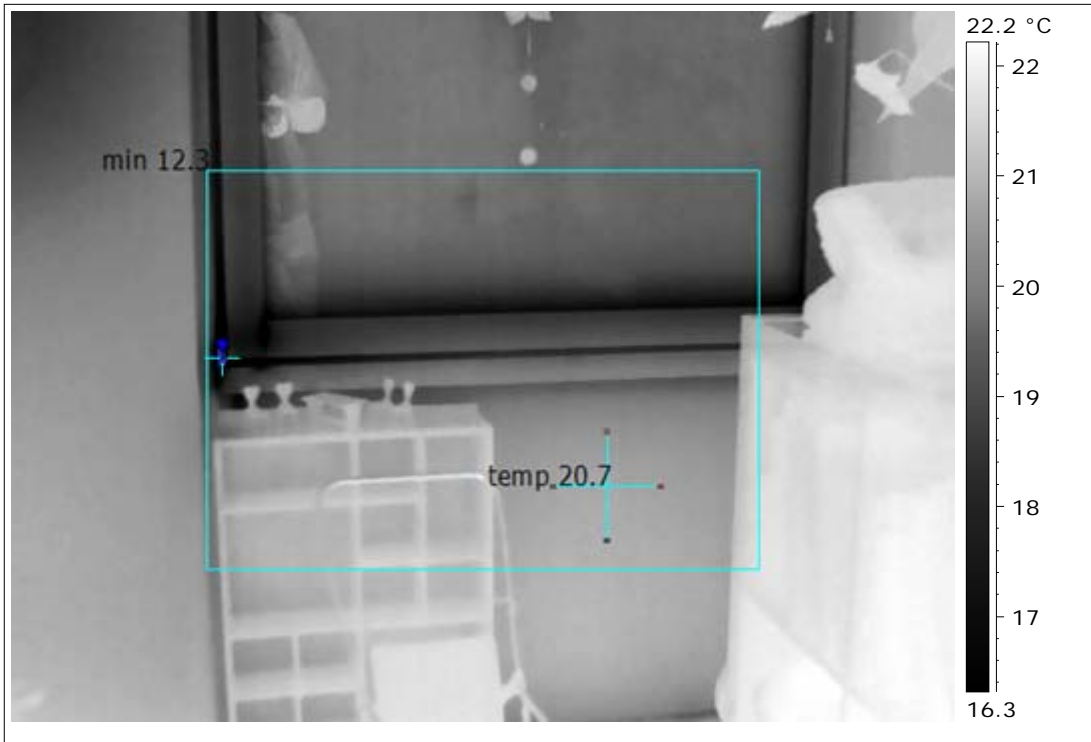


Parvekeovi, lievä tiivistevuoto



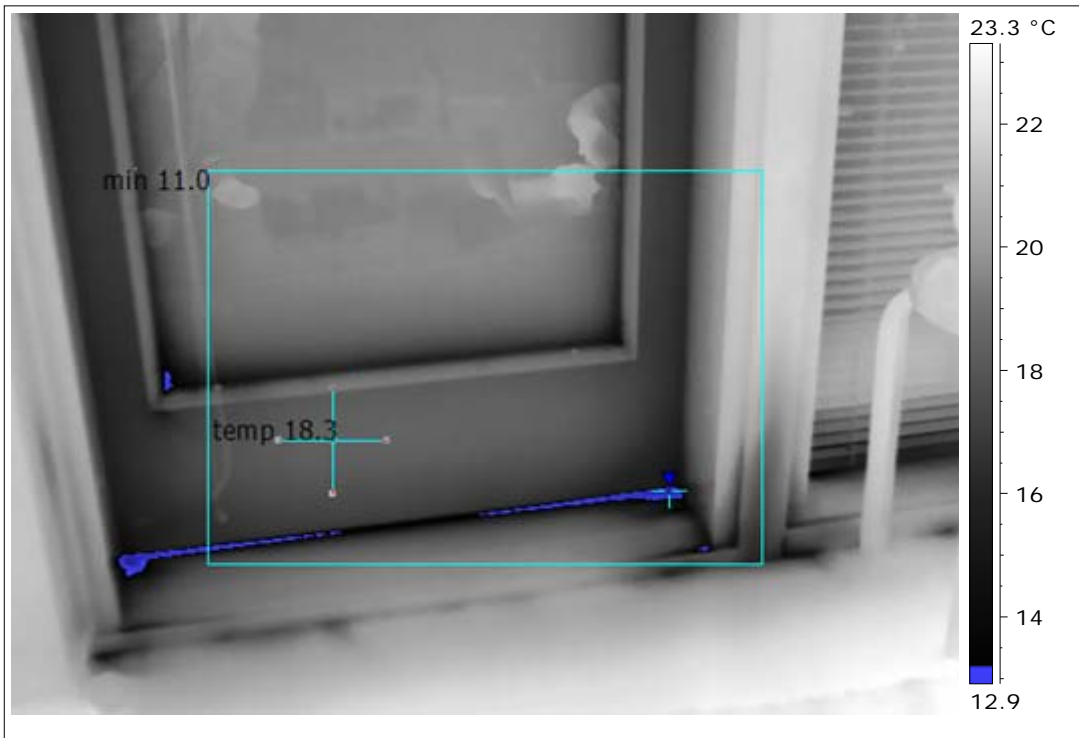
Parvekeovi, lievä tiivistevuoto

ASUNTO 10

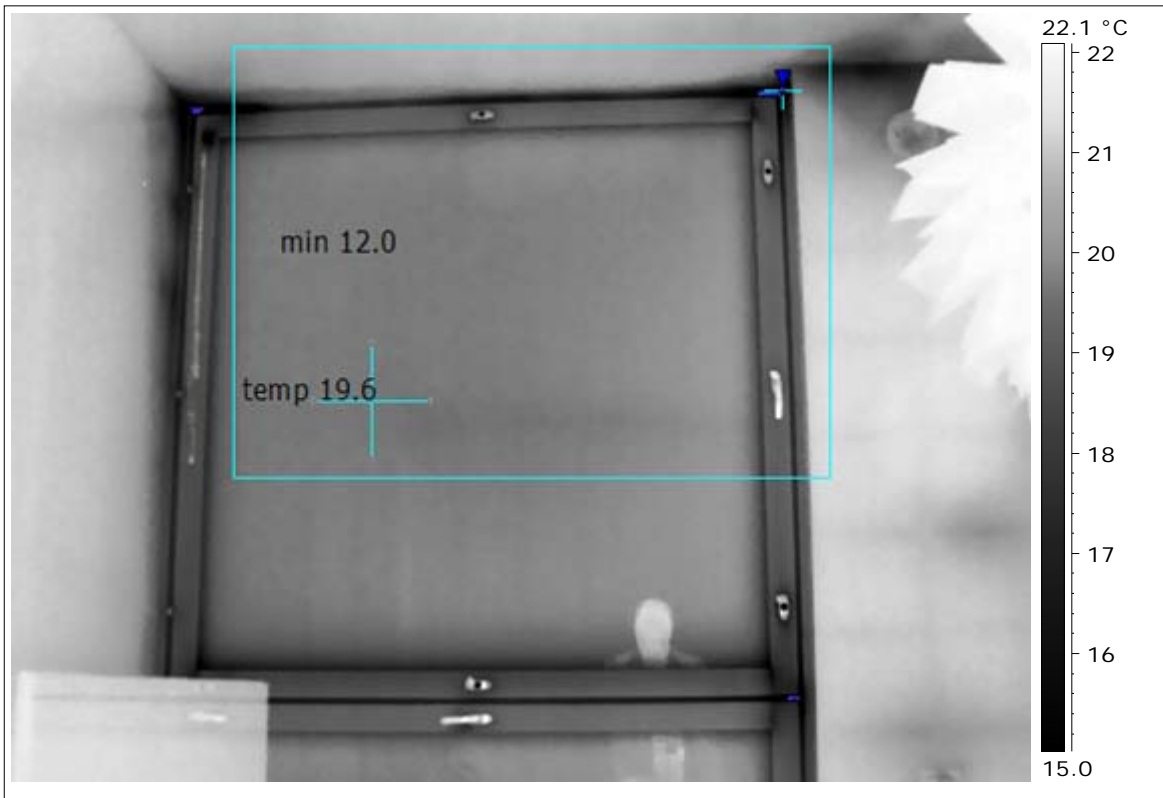


Ikkuna, lievä tiivistevuoto kulmassa

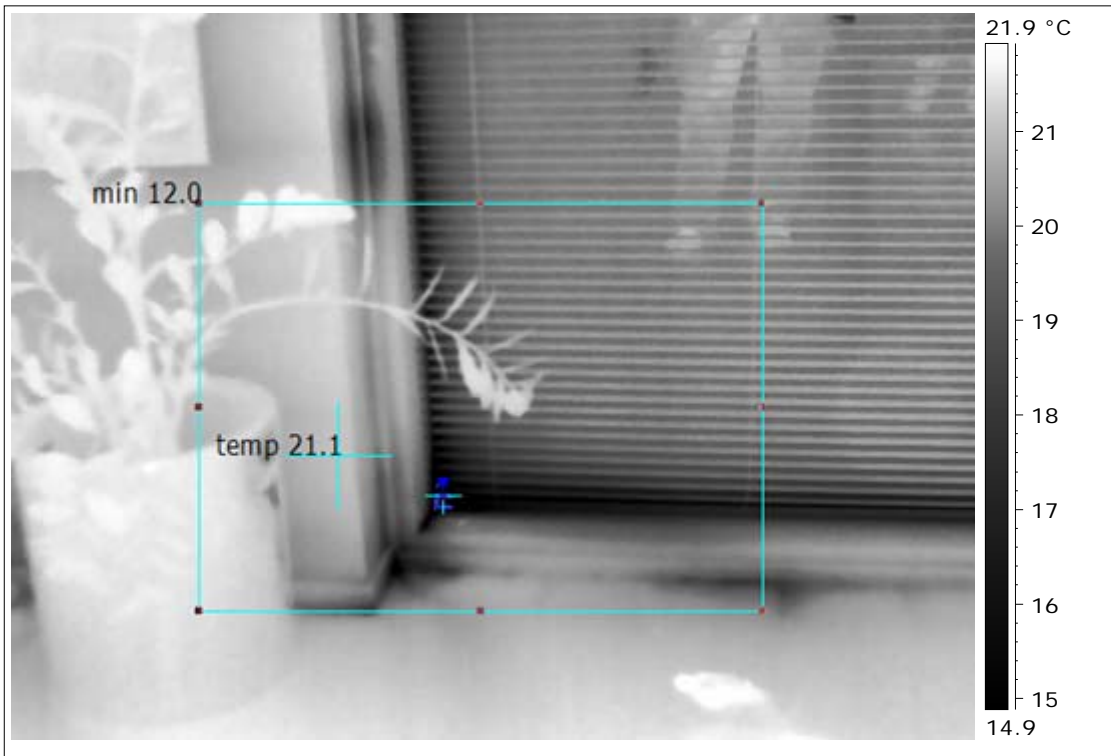




Parvekeovi, viivamainen tiivistevuoto

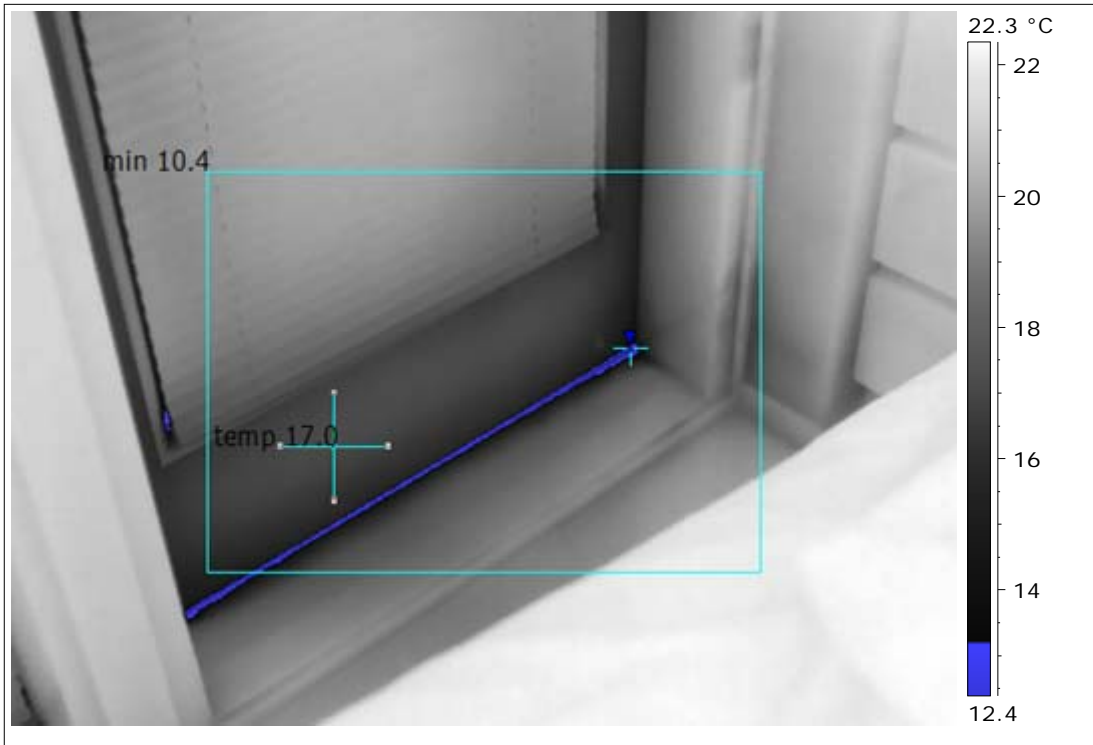


Lievää tiivistevuotoa ikkunan yläkulmissa

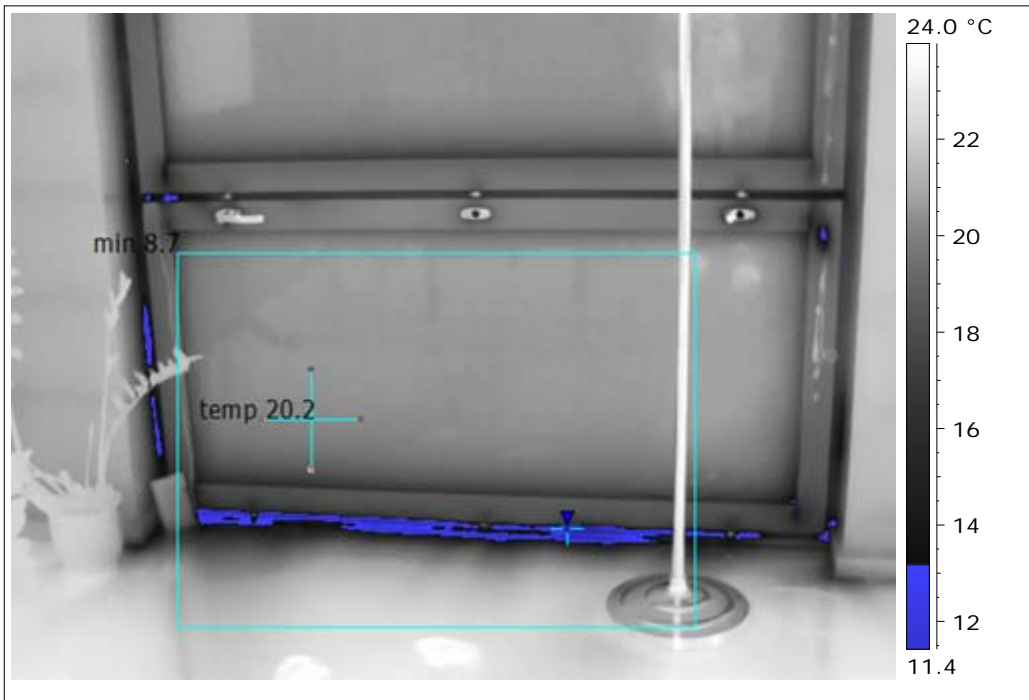


Kiinteä ikkuna, lievä ilmavuoto lasin ja karmin välistä

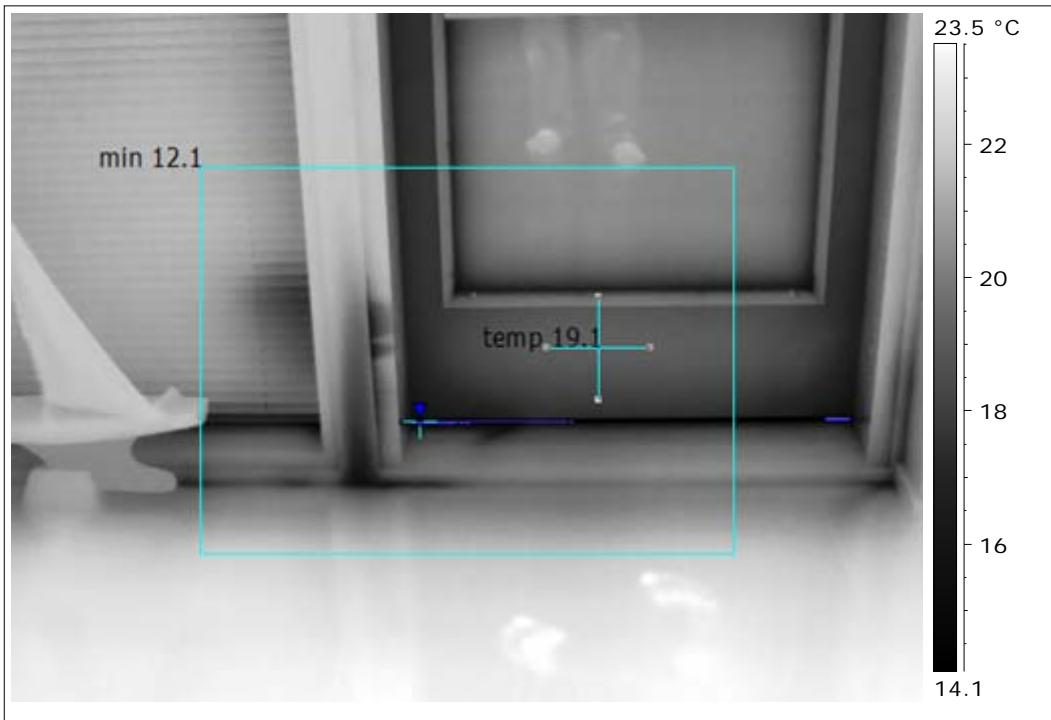
ASUNTO 9



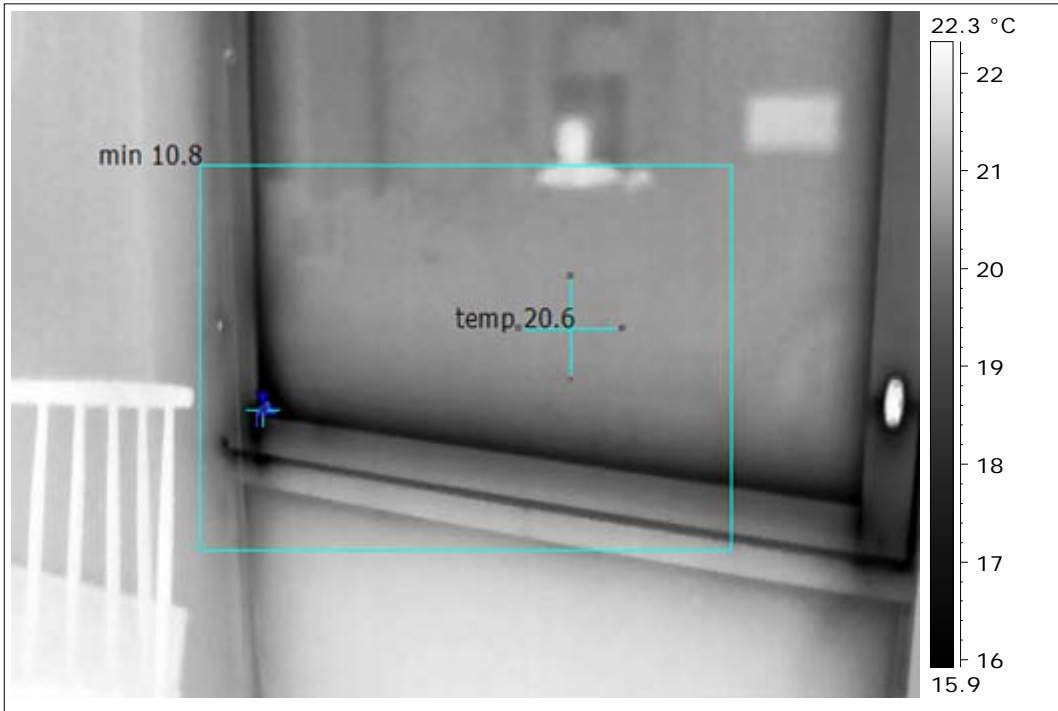
Parvekeovi, viivamainen tiivistevuoto



Ikkuna, viivamaista ilmavuotoa tiivisteiden sekä karmin ja lattian välistä



Parvekeovi, lievä tiivistevuoto



Ikkuna, lievä ilmavuoto lasin ja pokan välistä

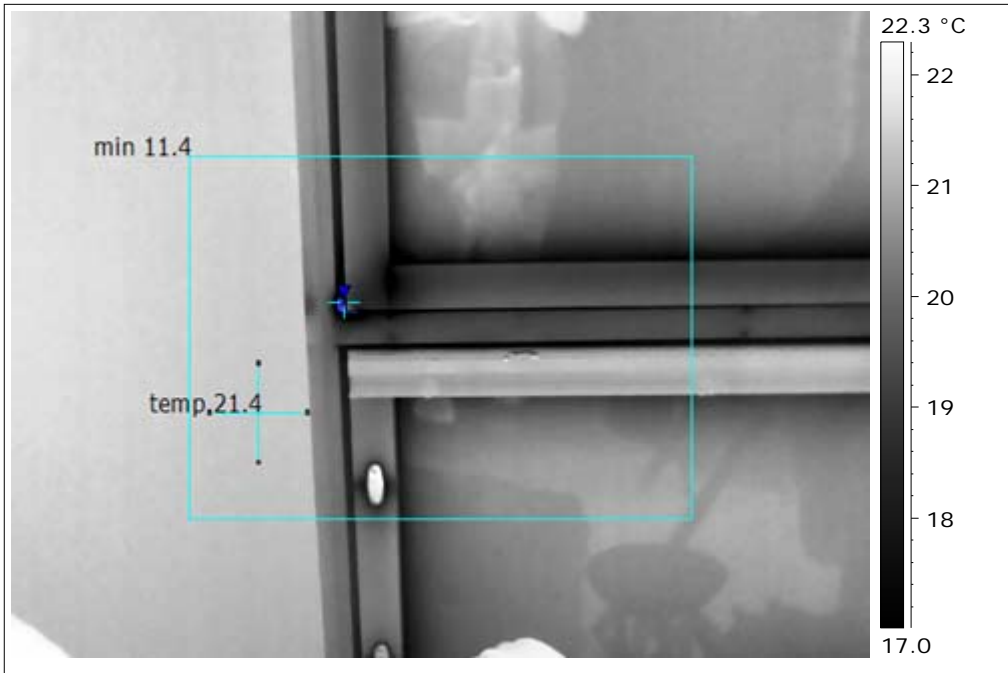
ASUNTO 8

EI MERKITTÄVIÄ ILMAVUOTOJA

ASUNTO 7

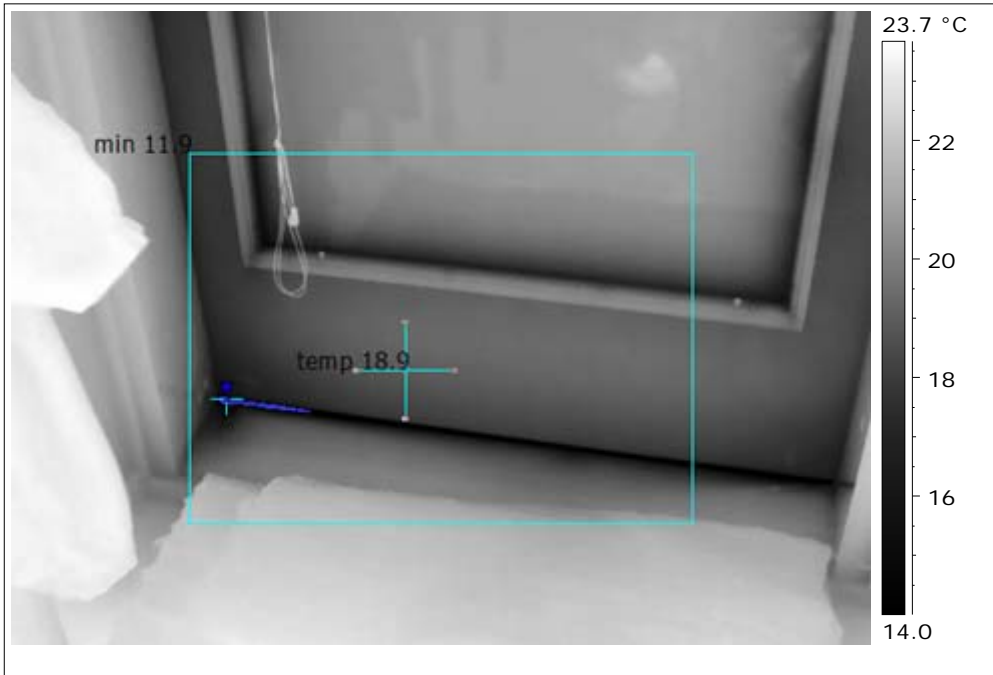
EI MERKITTÄVIÄ ILMAVUOTOJA

ASUNTO 6



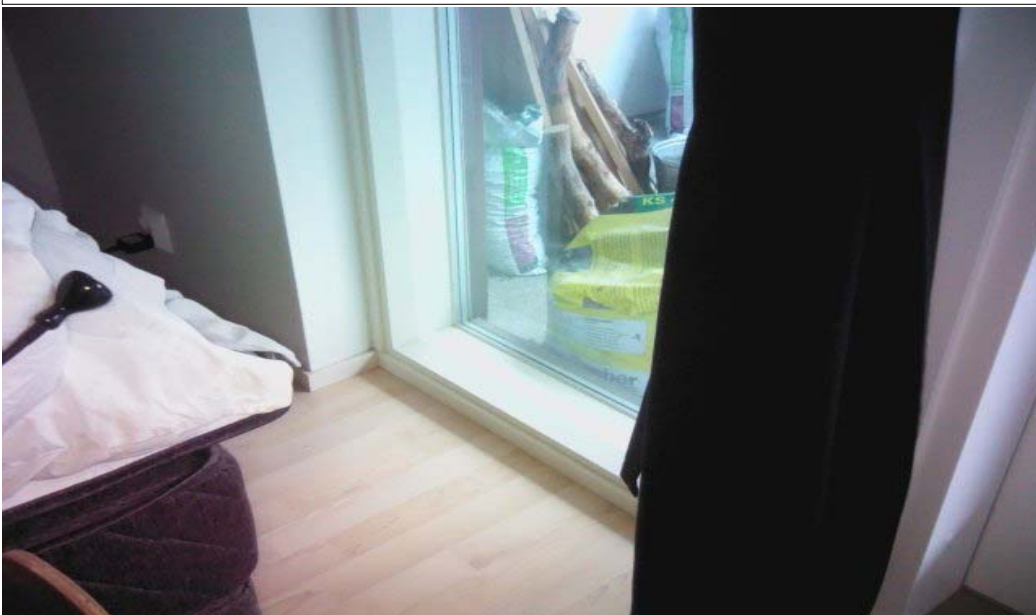
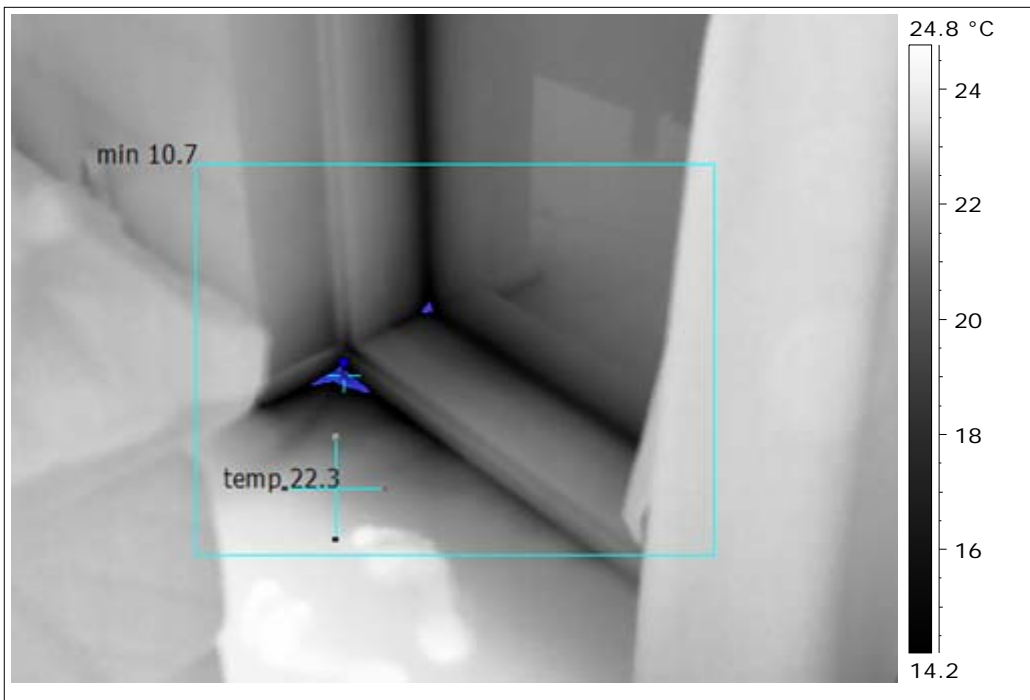
Ikkuna, kulmassa lievä tiivistevuoto



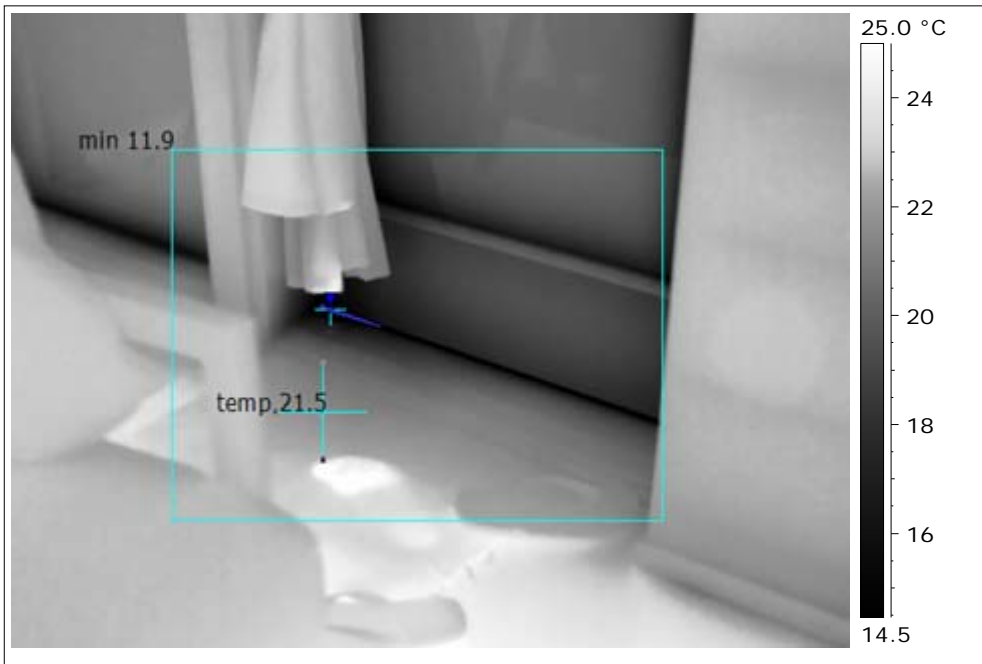


Parvekeovi, lievä tiivistevuoto

ASUNTO 5

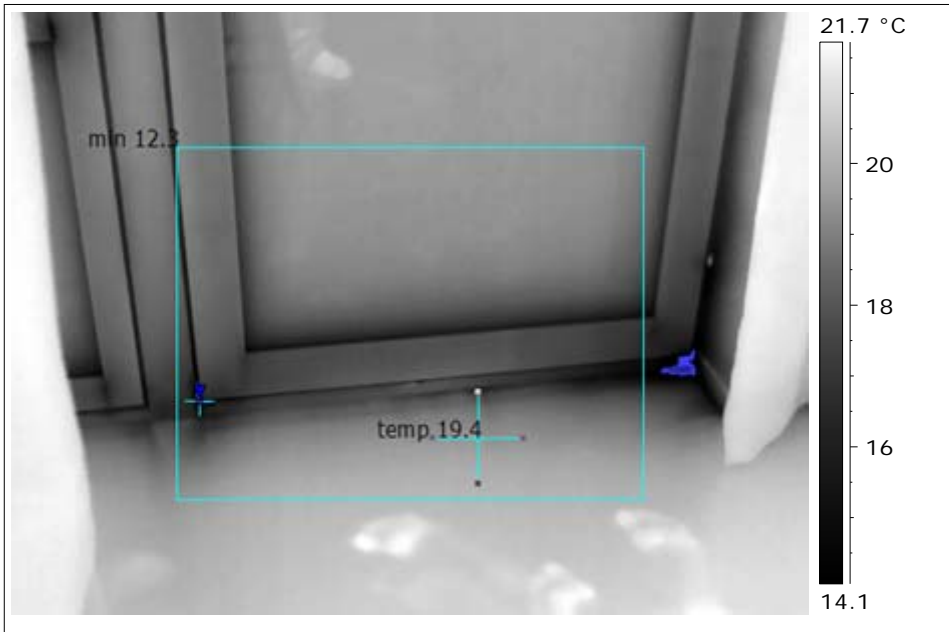


Kiinteä ikkuna, lievä ilmavuoto karmin ja lattian välistä

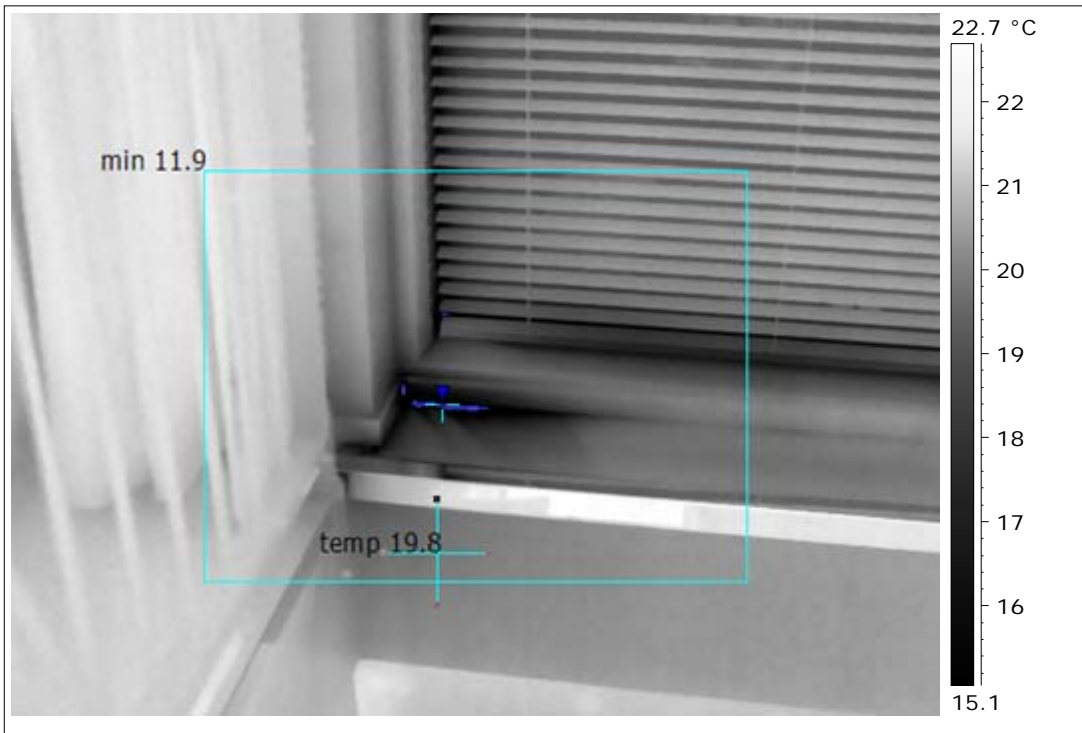


Parvekeovi, lievä tiivistevuoto

ASUNTO 4

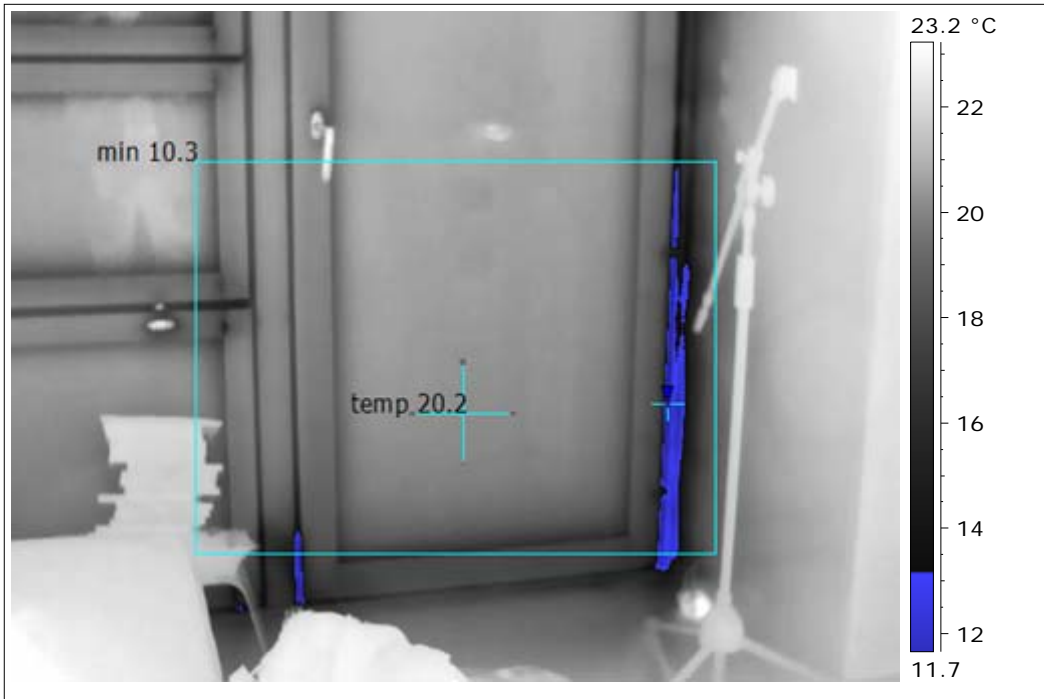


Ikkuna, lievä ilmavuoto karmin ja lattian välistä

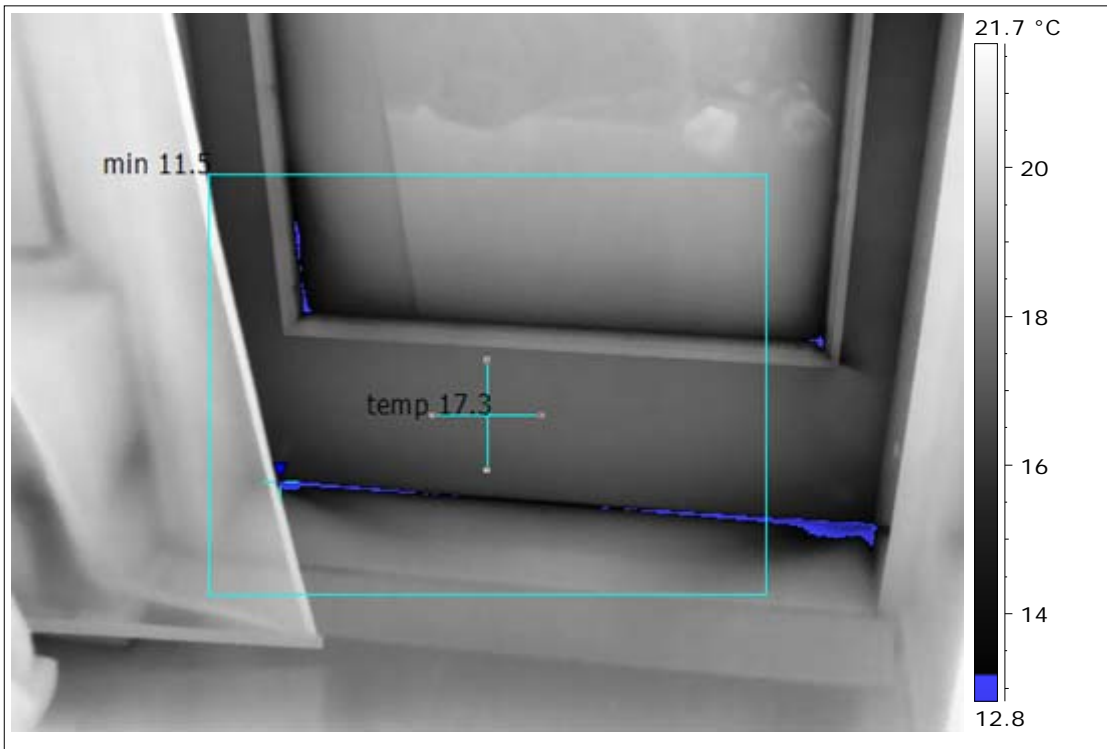


Kiinteä ikkuna, lievä ilmavuoto karmin ja lattian välistä

ASUNTO 3

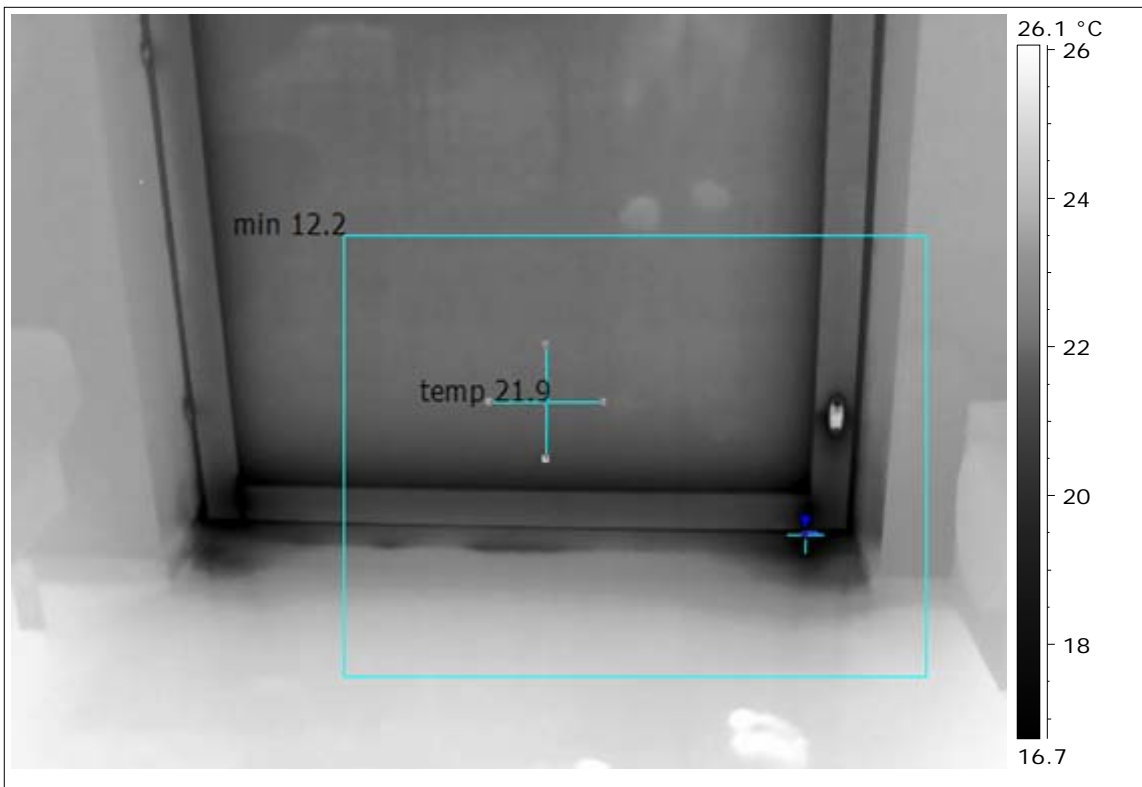


Parvekeovi, laaja viivamainen tiivistevuoto



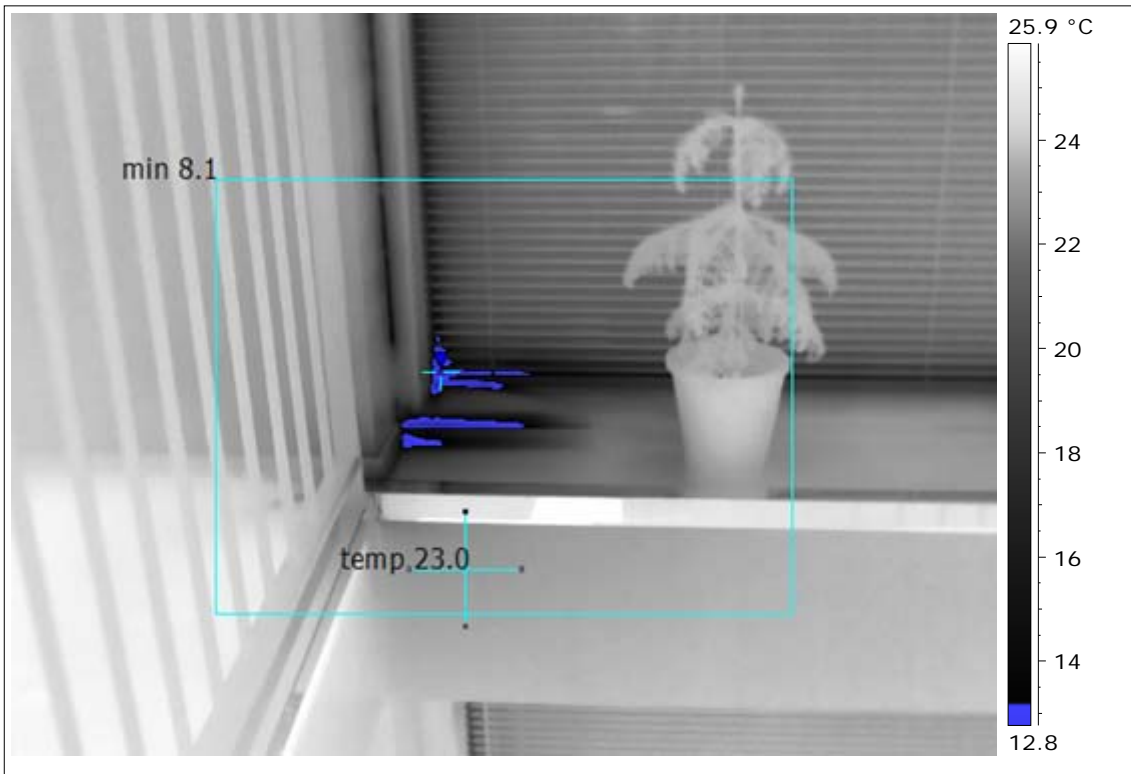
Parvekeovi, lievä tiivistevuoto

ASUNTO 2

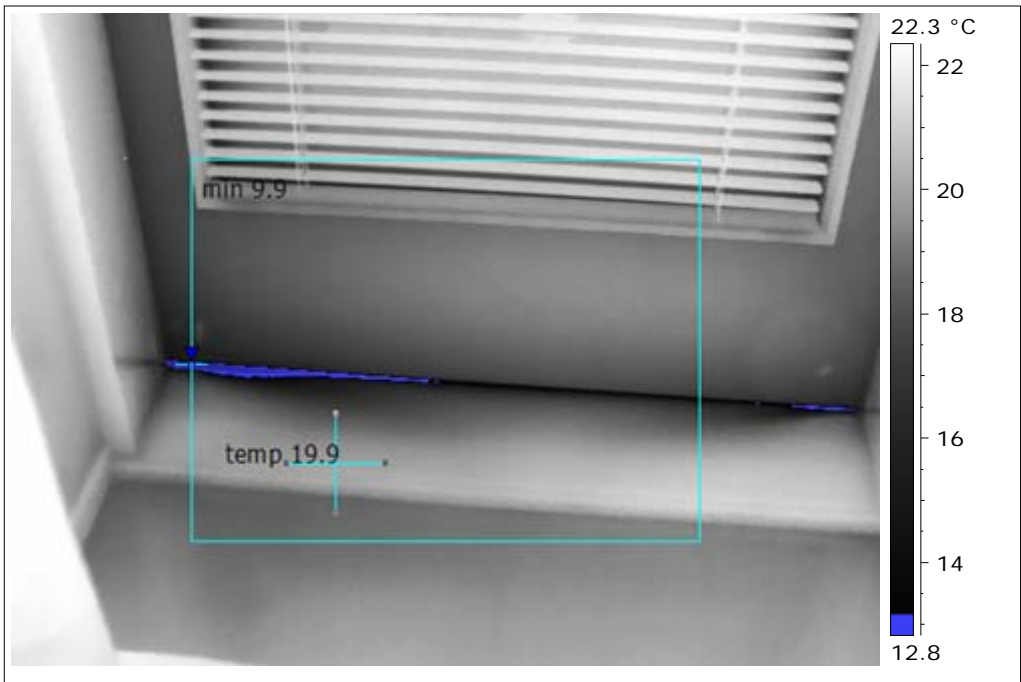


Ikkuna, vähäinen tiivistevuoto



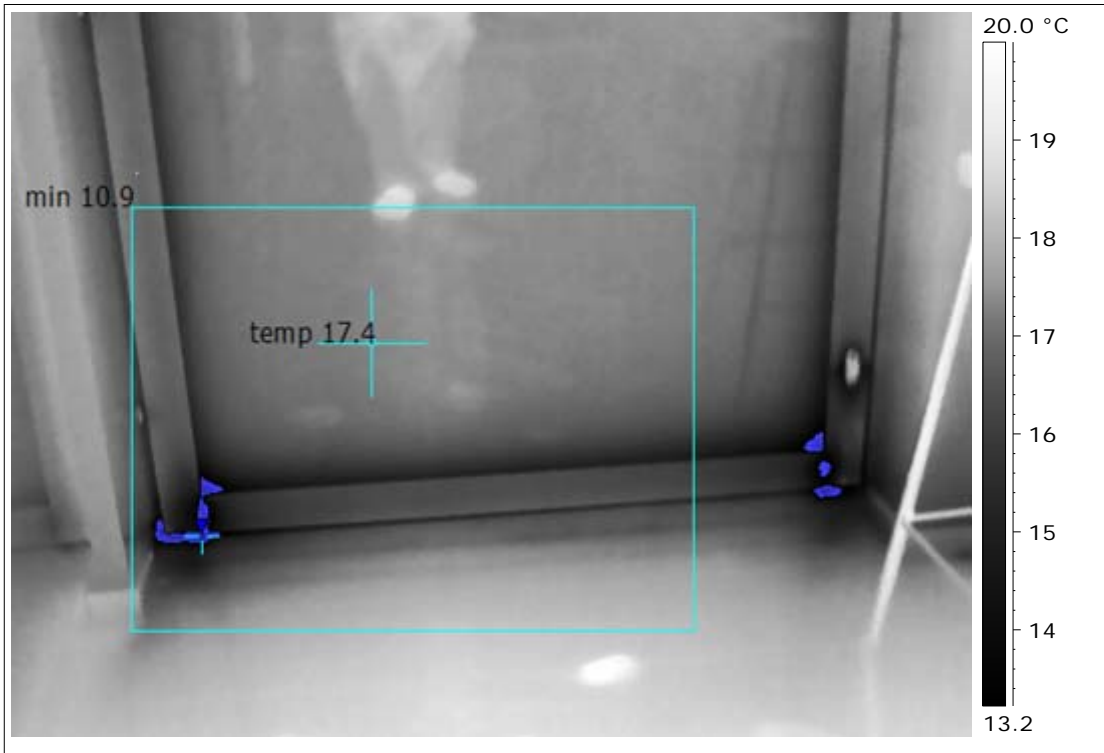


Kiinteä ikkuna, lievä ilmavuoto karmin ja lattian, sekä ikkunan ja karmin välistä

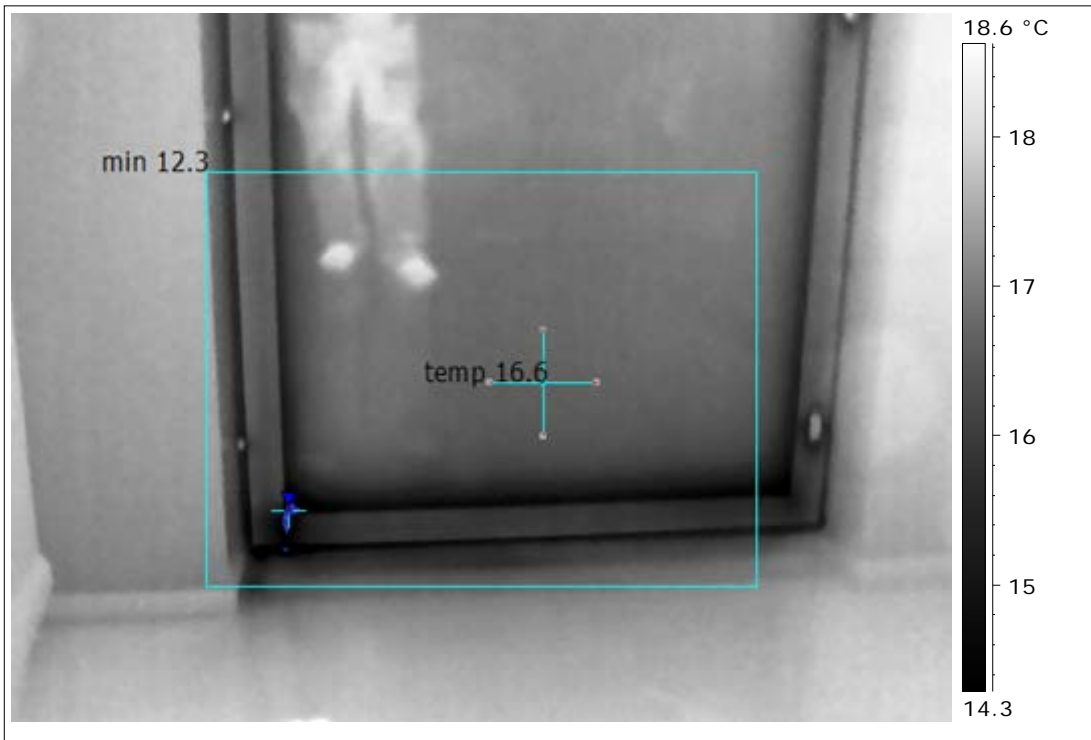


Parvekeovi, lievä ilmavuoto

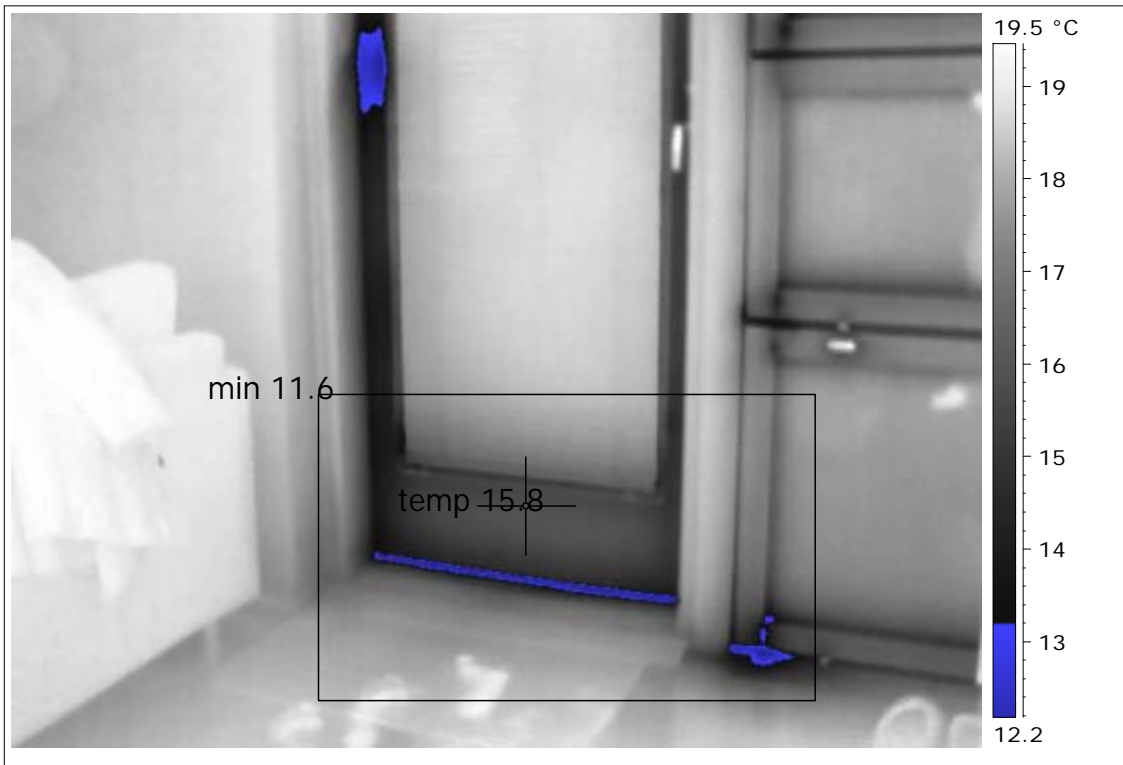
ASUNTO 1



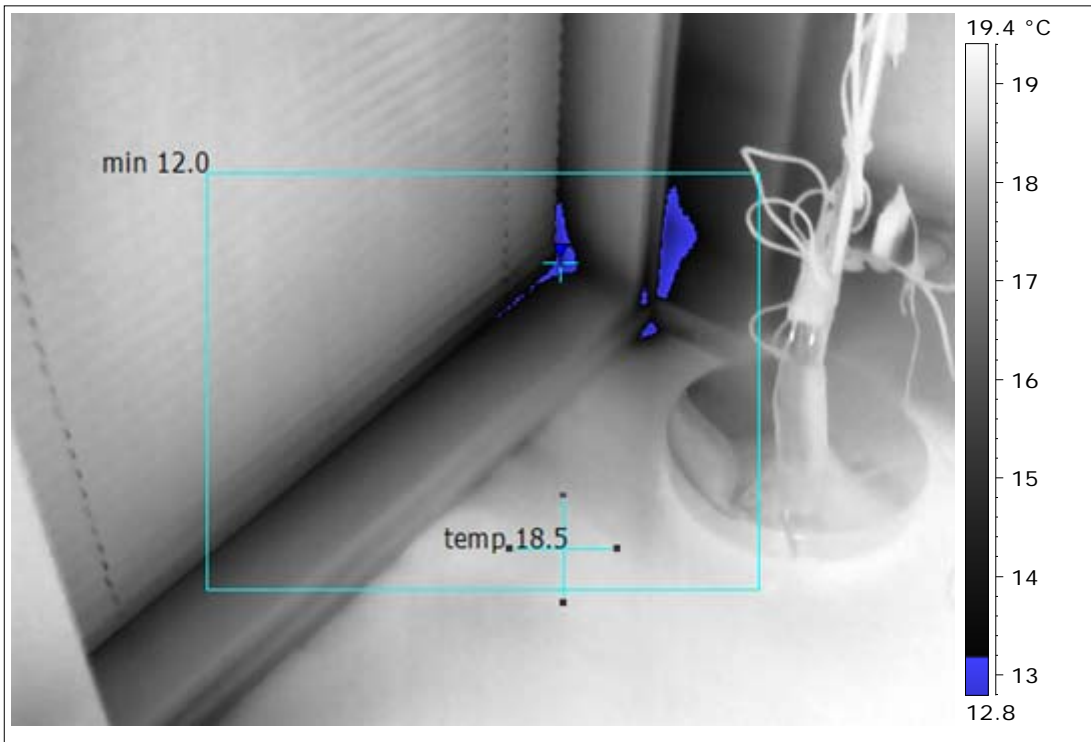
Ikkuna, lievä tiivistevuoto



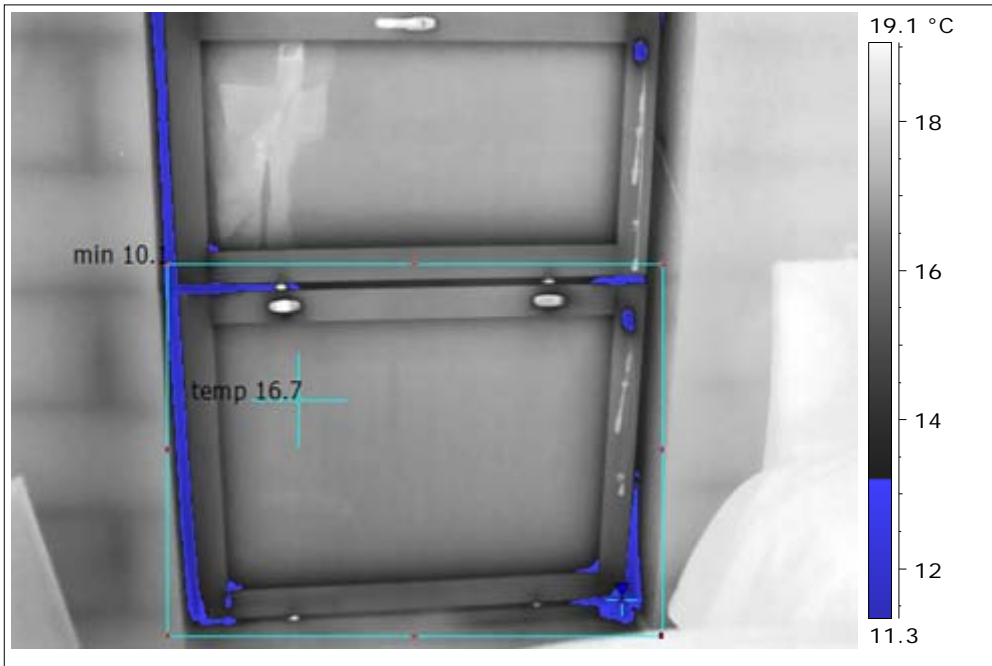
Ikkuna, lievä karmivuoto



Parvekeovessa viivamainen tiivistevuoto alhaalla, ikkunan alakulmassa tiivistevuoto



Kiinteä ikkuna, ilmavuoto karmin ja seinän välistä



Ikkuna, laaja tiivistevuoto vasemmassa reunassa sekä oikeassa alakulmassa